

Mari Rämö

TOIMISTORAKENNUKSEN KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄN
ENERGIATEHOKKUUS

Rakennustekniikan koulutusohjelma
2012

TOIMISTORAKENNUKSEN KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄN ENERGIATEHOKKUS

Rämö, Mari
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Syyskuu 2012
Ohjaaja: Heinonen, Jarkko
Sivumäärä: 68
Liitteitä: 1

Asiasanat: käyttövesijärjestelmä, toimistorakennus, energiatehokkuus

Suomen rakennuskanta vuonna 2011 oli 1 459 705 rakennusta, joista toimistorakennuksia 0,7 %. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia toimistotalon käyttövesijärjestelmän energiatehokkuutta. Kohteena oli Raumalla sijaitseva toimistotalo, teknologiatalo Sytytin. Sytyttimeen on tutkimustarkoitusta varten rakennettu täysimittainen käyttövesiverkosto sekä kuparista että PEX-muovista.

Opinnäytetyön aikana tehtiin mittauksia Sytyttimeen tulevan veden paineesta sekä lämpötilasta. Mitattiin myös verkostoon lähtevän lämpimän veden lämpötilaa molemmista putkistoista lämmönsiirtimen jälkeen sekä palaavan veden lämpötilaa kiertopiireissä. Lisäksi mitattiin vesikalusteiden virtaamia.

Sytyttimen mittauksissa havaittiin, että paine, jolla vesi Sytyttimeen tulee, on liian korkea. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1 on määrätty, että jos paine ylittää 500 kPa, on putkeen asennettava paineenalennusventtiili. Mittausjakson aikana paine oli suurimman osan aikaa yli 500 kPa. Tämä johtaa siihen, että vesikalusteilta tulevat tilavuusvirtaukset ylittävät määräysten mukaiset normivirtaamat. Se vaikuttaa vedenkulutukseen rakennuksessa.

Käyttövesiverkostossa tehdyistä lämpötilamittauksista nähtiin, että PEX-linjassa kiertävä vesi jäähtyy enemmän kuin kuparilinjassa. Molempien linjojen vesi on lähtiessään saman lämpöistä, mutta palatessaan se on jäähtynyt kuparilinjassa n. 4,2 °C, kun PEX-linjan jäähtymä on n. 5,4 °C. Molemmissa putkissa veden virtausnopeus on 0,15 l/s. PEX-linjassa, joka on hieman lyhyempi kuin kuparilinja, lämpöhäviöt ovat lähes 30 MWh. Kuparilinjassa ne ovat 23 MWh.

Vuoden aikana teknologiatalo Sytyttimessä on kulunut kaukolämpöenergiaa 619 MWh. 4 % tästä energiasta on mennyt lämpimän veden lämmittämiseen. Lämpimän veden kiertohäviöiden osuus koko rakennuksen kaukolämpöenergiakulutuksesta on n. 9 %. Yhteensä käyttövesiverkostossa kuluu 13 % kaukolämpöenergiasta. Se on suuri määrä toimistotalossa.

Lämpöhäviöiden laskennan yhteydessä tutkittiin eristyksen paksuntamista ja veden lämpötilan laskemista lämpöhäviöiden pienentämiseksi. Kummastakaan ei ole merkittävää hyötyä.

ENERGY EFFICIENCY OF WATER SUPPLY SYSTEM IN OFFICE BUILDING

Rämö, Mari

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

September 2012

Supervisor: Heinonen, Jarkko

Number of pages: 68

Appendices: 1

Keywords: water supply system, office building, energy efficiency

There were 1 459 705 buildings in Finland in 2011 and 0,7 % of the amount was office buildings. The aim of this thesis was to examine energy efficiency of water system in office building. Research was made in Sytytin Technology Center located in Rauma. There has been built a water distribution system for research use. System is built with copper and PEX-plastic.

In the thesis the water pressure and temperature were measured. Measurements were taken also from the cold water line and copper and PEX-plastic systems. Measuring points were in the hot water supply pipe after heat exchanger and in the water circulation system. Also the water flows from the taps were measured.

As a result the water pressure in the building is too high. According to Finnish building code if the pressure is higher than 500 kPa, there has to be pressure reducing valve in the system. In Sytytin, the pressure was most of the time over 500 kPa. It means that volume flow rate is higher than it should be. It affects consumption of water in the building.

The measurements which were taken from water supply system show that the water in PEX line cools more than the water in copper line. When the water leaves the heat exchanger it's in the same temperature. When it comes back from the circulation water supply system it is cooled about 5,4 degrees in PEX-system and 4,2 degrees in copper system. The volume flow rate is the same, 0,15 dm³/s in both systems. Pipe which is made of PEX is shorter than pipe which is made of copper. Heat loss is almost 30 MWh in PEX-pipe and 23 MWh in copper pipe.

During the last year district heat consumption has been 619 MWh in Sytytin Technology Center. 4 % of this energy has used in heating of warm water. Heat loss of the warm pipe systems has been 9 % of buildings all district heat energy. It means it has consumed 13 % of all district heat energy in warm supply water system. It is quite a lot in office building.

The amount of insulation in pipes was also examined during this thesis. It was calculated what it would mean, if the temperature of water was five degrees lower. Neither amount of insulation nor lower temperature decrease the energy consumption significantly.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KIINTEISTÖJEN TALOUSVESIJÄRJESTELMÄT.....	8
2.1	Talousveden laatu Suomessa	8
2.2	Lämmin käyttövesi.....	9
2.3	Vesijärjestelmien suunnittelu ja mitoitus.....	11
2.4	Putkistomateriaalit	12
2.4.1	Kupari	12
2.4.2	PEX	14
2.4.3	Komposiitti	15
2.5	Putkien eristäminen.....	16
2.5.1	Eristystarve	16
2.5.2	Eristysmateriaalit.....	17
2.5.3	Eristyspaksuus	18
2.5.4	Asennusvälit eri eristyspaksuuksilla.....	19
2.5.5	Eristyksen vaikutus lämpöhäviöihin.....	21
2.5.6	Eristeiden hintataso	27
3	TEKNOLOGIATALO SYTYTIN	30
3.1	Rakennuksessa käytettävä vesi	30
3.2	Käyttövesiverkosto	32
3.3	Putkien eristys Sytyttimessä	33
3.4	Putkiston asettelu eli topografia.....	33
4	MITTAUSJÄRJESTELYT	35
4.1	Paine.....	35
4.2	Vedenkulutus ja tilavuusvirta	36
4.3	Lämpötila	37
4.4	Kaukolämmönkulutus	38
5	VEDENKULUTUS.....	39
5.1	Päävesimittari.....	39
5.2	Sytyttimeen tulevan veden paine	41
5.3	Kylmän veden lämpötila	44
5.4	Lämpimän veden sekä kiertoveden lämpötilat verkostossa.....	45
5.5	Veden tilavuusvirta vesikalusteittain	48
5.5.1	Suihkutilojen hanat	49
5.5.2	Astianpesuallashanat	50
5.5.3	Pesuallashanat	52
5.5.4	Siivouskomeroiden hanat	55
6	ENERGIANKULUTUS RAKENNUKSESSA	57

6.1	Kaukolämpö.....	57
6.2	Käyttöveden lämmitykseen tarvittava energia.....	57
6.3	Kiertojohdon lämpöhäviöt	59
	6.3.1 Lämpöhäviöt lämpötilojen mukaan.....	59
	6.3.2 Lämpöhäviöt putkipituuksien mukaan	60
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	63
	LÄHTEET.....	67
	LIITTEET	
	LIITE 1 Taulukko 23. Pesuallashanojen virtaamat	

1 JOHDANTO

Suomen rakennuskanta vuonna 2011 oli 1 459 705 rakennusta. Suurin osa kiinteistöistä on asuinrakennuksia ja niiden osuus viime vuonna oli 85,3 % rakennuskannasta. Toimistorakennusten lukumääräinen osuus kiinteistöistä vuonna 2011 oli 10 901 eli 0,7 prosenttia. Vuoteen 2010 verrattuna rakennuksia oli 13 600 enemmän. Edellisvuoden, eli vuoden 2009, aikana rakennuskanta lisääntyi 12 000 rakennuksella. Toimistorakennusten osuus oli vuonna 2009 ja 2010 sama eli 0,7 %. (Tilastokeskus 2012)

Rakennusmääräykset tiukentuvat koko ajan Suomessa. Energiaa, sähköä ja vettä tulisi kulua aina vain vähemmän. Viime vuosina määräykset ovat myös tiukentuneet siinä, kuinka lämmintä vettä käyttövesijärjestelmässä ja kiertovesipiirissä pitää kulkea. Toisaalta halutaan, että energiaa kuluu vähemmän, mutta toisaalta vaaditaan verkostoon lämpimämpää vettä. Tämä johtaa siihen, että energia, joka kuluu lämpimän veden tuottamiseen, saa entistä suuremman roolin rakennuksen energiankulutuksessa.

Lämpimän käyttöveden lämmittämisen osuus asuinrakennuksen energiankulutuksesta on merkittävä. Siihen kuluu noin viidennes kaikesta energiankulutuksesta (Motiva 2012). Energiämäärään, joka käyttöveden lämmittämiseen tarvitaan, vaikuttaa käytetyn veden määrä, putkisto ja sen eristys, putkistomateriaali sekä verkostoon liitetyt lämmityslaitteet. Kun tarkastellaan vedenkulutusta kokonaisuudessaan, pitää ottaa huomioon käyttötottumukset, vesikalusteet ja niiden ominaisuudet sekä niiden kunto. Toimistorakennuksissa veden käyttö on hieman erilaista kuin kotitalouksissa. Toimistorakennukset ovat usein huomattavasti suurempia ja vettä kulutetaan eri tavalla. Esimerkiksi suihkussa kuluu yleensä vähän vettä, koska toimistorakennuksissa työ on harvemmin kovin fyysistä. Vedenkulutus ei tyypillisesti ole myöskään niin vaihtelevaa kuin asuinrakennuksissa. Vesipisteet sijaitsevat eri puolilla rakennusta ja se tarkoittaa pidempiä putkiverkostoja. Vesipisteitä ei yleensä käytetä samanaikaisesti. (Seppänen Olli 2001, 247)

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia käyttövesijärjestelmän energiatehokkuutta toimistorakennuksissa. Työn kohteena on Raumalla sijaitseva teknologiatalo Sytytin ja sen käyttövesiverkosto. Sytyttimeen on tehty tutkimustarkoituksia varten täyden mittakaavan vesijohtoverkosto sekä kylmälle että lämpimälle vedelle. Verkostot on toteutettu Sytyttimen eri osiin kahdella eri materiaalilla, kuparilla sekä PEX-muovilla. Lisäksi verkostossa on putkikeräimiä, näytteenottohanoja ja ylimääräisiä vesimittareita, joita ei normaalisti vesijohtoverkостossa ole. (Vepsä Jyrki 2010, 25)

Työssä selvitetään, kuinka suuri energiamäärä kuluu käyttöveden lämmitykseen. Lisäksi lasketaan putkistojen lämpöhäviöitä ja pohditaan, mikä merkitys lämpimän käyttövesiverkoston lämpöhäviöillä on verrattuna koko rakennuksen energiankulutukseen. Tarkoitus on tehdä myös laskelmia siitä, miten paksumpi eristys vaikuttaisi lämpöhäviöihin putkistoissa tai miten vaikuttaisi käyttöveden lämpötilan laskeminen esimerkiksi viidellä asteella.

Veden Sytyttimeen toimittaa Rauman Vesi. Työssä on tarkoitus mitata Rauman vesijohtoverkостosta rakennukseen tulevaa painetta, tulevan kylmän veden lämpötilaa sekä molempien putkimateriaalien osalta lämpimän käyttöveden lämpötiloja ja kiertoveden lämpötilaa. Lisäksi tarkastellaan vedenkulutusta rakennuksessa yleisellä tasolla sekä mitataan virtausta vesikalusteittain.

Opinnäytetyö on osa rakennetun ympäristön strategisen huippuosaamisen keskittymän (RYM-SHOK) sisäympäristö-tutkimusohjelman hanketta. RYM-SHOK pyrkii vahvistamaan suomalaista kiinteistö- ja rakennusalan osaamista. Hankkeessa on tarkoitus paneutua erilaisten yritysten sekä oppilaitosten voimin mm. energiatehokkuuden parantamiseen rakennuksissa, koska se olisi yksi nopeimmista keinoista torjua myös ilmastonmuutosta. (RYM OY 2012)

2 KIINTEISTÖJEN TALOUSVESIJÄRJESTELMÄT

2.1 Talousveden laatu Suomessa

Suomessa suurin osa talouksista kuuluu keskitetyn vedenjakelun piiriin. Suuri joukko ihmisiä on myös oman kaivon varassa. Suomessa talousvetenä käytetään pinta-, pohja- ja tekopohjavesiä. 2000-luvun alkupuolella pohjaveden ja tekopohjaveden osuus on ollut 60 %:n luokkaa käytetystä vedestä ja pintaveden osuus noin 40 %:a. (Keinänen-Toivola Minna M., Ahonen Merja H., Kaunisto Tuija 2007)

Talousvesi, jota vesilaitoksilta saadaan, on Suomessa hygieenisesti korkealaatuista. Laatuun kuitenkin vaikuttavat mm. se, millaisesta maaperästä raakavesi saadaan, miten vettä laitoksissa käsitellään, millaista verkostoa vedenjakelussa käytetään sekä miten vettä juoksetetaan. Talousvesi on usein hyvälaatuista, kun se lähtee vesilaitokselta, mutta verkostossa tapahtuva korroosio, biofilmin muodostuminen tai aineet, joita eri materiaaleista voi veteen liueta, vaikuttavat veden laatuun, kun se kuluttajalle asti päätyy. Laitos, joka toimittaa veden, on vastuussa siitä, että laatuvaatimukset täyttyvät siihen asti, kun kiinteistö liittyy vesijohtoon. Kiinteistön omistajalle kuuluu vastuu siitä, ettei vesi heikkene verkostossa niin, ettei se täyttäisi vaadittuja määräyksiä. (Keinänen-Toivola Minna M., Ahonen Merja H., Kaunisto Tuija 2007)

Talousveden laatuvaatimukseen kuuluu myös mikrobiologinen veden laatu. Sillä tarkoitetaan sitä, että vesi olisi hygieenisesti turvallista. Terveysviranomaiset valvovat veden laatua Suomessa. Valvonta on sekä jatkuvaa, että jaksottaista. Jatkuva valvonta käsittää veden laadun tutkimisen, talousveden käsittelyn tehokkuuden ja sen, että asetetut laatuvaatimukset täyttyvät. (Keinänen-Toivola Minna M., Ahonen Merja H., Kaunisto Tuija 2007)

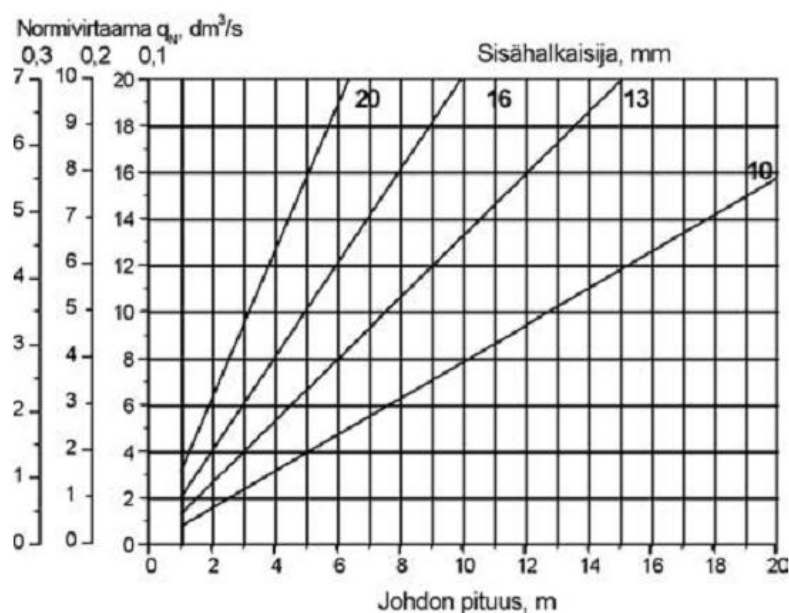
Talousvedessä ei saa olla haitallisia mikrobeja tai bakteereja. Talousvesiasetuksen laatuvaatimusten mukaisesti vedestä vesilaitoksella määritetään enterokokki- sekä escherichia coli-bakteerien pitoisuudet. Talousvedessä ei saa myöskään olla pieneliöitä tai loisia, jotka voisivat aiheuttaa haittaa ihmisen terveydelle. Jatkuvassa eli laajemmassa tutkimuksessa talousvedestä tutkitaan vielä koliformiset bakteerit 37 °C,

lämpökestoiset koliformiset bakteerit 44 °C, E. kolin tunnistus, enterokokit, haju, maku, nitriitti, nitraatti, ammonium, sähkönjohtavuus, pH, väri, kokonaiskovuus, sameus, rauta, mangaani ja alumiini. (Keinänen-Toivola Minna M., Ahonen Merja H., Kaunisto Tuija 2007)

2.2 Lämmin käyttövesi

Rakennusmääräyskokoelma D1:n mukaan lämminvesilaitteistossa lämpötilan on oltava vähintään 55 astetta lukuun ottamatta odotusajan johto-osuuksia. Määräyksen saavuttamiseksi lämmönsiirtimeltä tai -vaihtimelta lähtevän veden lämpötilan on oltava 58–60 asteista, joskus jopa vieläkin kuumempaa, muuten ei haluttua lämpötilaa vesilaitteistossa saavuteta (Terveyden ja hyvinvoinninlaitos 2012). Jos käyttövesi olisi alle 50 °C, voisi putkistossa esiintyä vaarallista keuhkokuumetta aiheuttavaa ja hengitysteitse tarttuvaa Legionella-bakteeria (Mediutiset 2012).

Lämpimän käyttöveden odotusaika ei saa olla liian pitkä. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaan lämpimän veden tulisi olla vesikalusteella 10 sekunnin kuluessa. Kuvassa 1. nähdään, miten lämpimän veden odotusaika muuttuu putken halkaisijan, johdon pituuden ja normivirtaaman suhteen (Suomen RakMK D1 2007, 10)



Kuva 1. Odotusaika lämpimässä vesijohdossa vesikalusteen normivirtaaman ja johdon pituuden ja sisähalkaisijan funktiona (Suomen RakMK D1 2007)

Toimistotaloissa olevat pitkät putkistot saattaisivat aiheuttaa pidempiä odotusaikoja, mutta tämä ongelma on ratkaistu kiertovesijohdolla. Kiertovesijohto takaa sen, että odotusaika ei ole muutamia sekunteja pidempi. Rakentamismääräyskokoelmassa on myös sanottu, että rakennuksessa yksittäisen etäällä sijaitsevan hanan odotusaika voi olla enintään 30 sekuntia. (Suomen RakMK D1 2007, 10)

Lämminvesijärjestelmästä ei saa tulla liian kuumaa vettä, sen vuoksi käytössä on termostaatteja. Lämminvesikalusteesta, jota käytetään henkilökohtaiseen puhtaanapitoon, ei saa tulla yli 65 asteista vettä (Suomen RakMK D1 2007, 9). Toimistorakennuksissa tällaisia kalusteita ovat yleensä vain sosiaalitilojen suihkut. Muita toimistorakennuksissa olevia vesikalusteita ovat WC-tilojen pesualtaat, WC-pytyt ja toimistotojen keittiöissä käytössä olevat vesikalusteet. Jos toimistorakennuksessa toimii ravintola, vesipisteitä on käytössä myös siellä.

Kiertovesiputki tarvitaan käyttövesijärjestelmään silloin, kun kyseessä on suuri rakennus. Kiertovesiputkea ei yleensä käytetä pientaloissa, mutta suuremmissa rakennuksissa se on lähes pakollinen määräyksissä vaadittavien odotusaikojen alittamisen vuoksi (Suomen RakMK D1 2007, 10). Kiertovesiputkistossa kiertää lämmin vesi ja tämä takaa sen, että kun putkiston viimeisimmästäkin kulmasta halutaan saada kuumaa vettä, ei sen tuleminen hanasta tai suihkusta kestä kymmeniä sekunteja.

Kiertoveden lämpötilan tulisi olla yli 55 astetta. Kiertoveden mitoitus perustuu lämmönluovutukseen, mikä tapahtuu verkostossa. Tällä tarkoitetaan putkiston lämpöhäviötä sekä lämmönluovuttimia. Lämmönluovutuksen perusteella määrätään verkoston vesivirrat kussakin osassa ja valitaan pumppu, jonka ominaiskäyrä on mahdollisimman jyrkästi laskeva vesimäärän kasvaessa. Verkosto mitoitetaan eli putkikoot valitaan veden virtausnopeuksien mukaan. Kiertojohdon virtausnopeus ei saa ylittää 1,0 m/s. Poikkeuksena tästä on kupariputki, jonka mitoitusarvona käytetään 0,5 m/s. (Suomen RakMK D1 2007, 16)

2.3 Vesijärjestelmien suunnittelu ja mitoitus

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaan kiinteistön vesilaitteistosta on saatava sen laatuista vettä, ettei sen käytöstä aiheudu haittaa terveydelle. Vesilaitteistoon ei saa liittää laitteita, jotka voisivat muuttaa veden laatua. Lisäksi materiaaleista, jotka ovat kosketuksissa veden kanssa, ei saa liueta haitallisia tai vaarallisia aineita. (Suomen RakMK D1 2007, 7)

Vesijärjestelmissä on huolehdittava siitä, ettei veden ole mahdollista imeytyä takaisin esimerkiksi kunnalliseen vesijohtoverkostoon. Sen vuoksi asennetaan usein vesimitarin molemmin puolin venttiilit. (Suomen RakMK D1 2007, 7)

Laitteistosta on saatava käyttötarkoitukseen nähden tarpeeksi suuri virtaama. Tämä saadaan aikaiseksi tarpeeksi suurella paineella. Lisäksi veden laadun on täytettävä talousvedelle asetetut vaatimukset, jotka on mainittu jo luvussa 2.1. (Suomen RakMK D1 2007, 6)

Kylmän veden lämpötila ei saa nousta käyttövesijärjestelmässä yli 20 asteen. Vesijohto ja siihen liitetyt laitteet sijoitetaan niin, että mahdollinen vesivuoto on havaittavissa luotettavasti ja ajoissa. Vesijohto on myös pystyttävä tarkastamaan helposti ja oltava korjattavissa. Vesimittareiden on oltava helposti asennettavissa, luettavissa, huollettavissa ja vaihdettavissa. Vesimittari ei saa jäätyä, kuumentua tai vahingoittua muuten. (Suomen RakMK D1 2007, 8)

Vesilaitteiston on kestettävä sisäistä ylipainetta vähintään 1000 kPa. Vesijärjestelmän mitoituksessa huolehditaan siitä, että saadaan tasainen ja riittävä virtaama käyttötarkoituksesta riippuen. Eri vesikalusteilla on eri mitoitusvirtaamat. Äänitaso ei saa ylittää C1:n mukaisia äänitasoja, eikä haitallisia paineiskuja saa esiintyä. (Suomen RakMK D1 2007, 12)

Jos päävesimittarin jälkeinen paine on yli 500 kPa, käytetään paineenalennusventtiiliä, jolla paine lasketaan mitoituksen osoittamalle tasolle. Jos paine on 350–500 kPa, voidaan käyttää paineenalennusventtiiliä riippuen rakennuksen kerroskorkeudesta ja

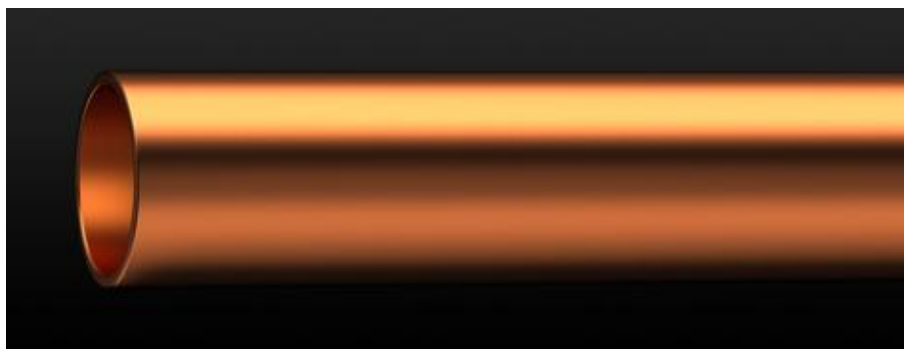
vesikalusteiden painehäviöistä normivirtaamalla. Jos paine on liian alhainen, käytetään paineenkorotusasemaa. (Suomen RakMK D1 2007, 34)

2.4 Putkistomateriaalit

Vesilaitteistoissa voidaan käyttää erilaisia putkimateriaaleja riippuen käyttökohteesta. Metalleista käytössä on kupari ja ruostumaton teräs. Muovisissa putkistoissa on materiaalina PE eli polyeteeni, PEX eli ristosilloitettu polyeteeni, PP eli polypropyleeni sekä monikerrosputket (Suomen RakMK D1 2007, 44). Talousvesijohdoissa yleisimmät materiaalit ovat nykyään kuitenkin kupari sekä muovi.

2.4.1 Kupari

Kuparia esiintyy luonnossa mineraaleina sekä metallisessa muodossa. Tietyissä ympäristöissä kuparin väri tummenee ja muuttuu vihertäväksi, koska pinta peittyy patinalla eli mm. oksideilla. Ihminen tarvitsee kuparia n. 2-3 mg päivässä ja sitä ei voi saada liikaa, sillä kupari ei varastoidu elimistöön tai ravintoketjuun. Kupari on siinä mielessä vielä hyvä materiaali, että se voidaan sulattaa ja kierrättää ilman, että sen ominaisuudet muuttuisivat. (Euroopan kupariputkikampanja 2012)



Kuva 2. Kupariputki (Taloon.com, 2012)

Kuparia käytetään yleisesti LVI-alalla mm. vesijohdoissa, lämmitysputkissa, lattialämmityksessä betonilaatassa ja jäähdytyksessä. Raaka-aineena kiinteistöissä käytetään fosforideoksidoitua Cu-DHP-kuparia, jossa on kuparia minimissään 99,9 % (Kekki Tomi K., Keinänen-Toivola Minna M., Kaunisto Tuija, Luntamo Marja

2007). Kupari on kestävä materiaali ja se kestää hyvin kulutusta. Muoviin verrattuna lämpölaajeneminen on paljon vähäisempää. Kuparin lämpölaajenemiskerroin on 0,017 mm/mK (KWH Pipe 2012). Kupari kestää korkeita lämpötiloja heikkenemättä tai muotoansa menettämättä. Kuparin keskimääräisenä teknisenä käyttöikänsä voidaan pitää n. 50 vuotta, mutta lämminvesiputkistossa käytettäessä se voi varioitua nopeammin (Euroopan kupariputkikampanja 2012). Lisäksi käyttöikänsä vaikuttaa mm. putkiston käyttöaste, veden lämpötila, virtaus, laatu sekä mahdollinen kiertovesiverkosto.

Kupari on helppo asentaa. Kuparia on kuitenkin syytä käsitellä varoen, sillä se on pehmeää materiaalia. Se voi siis kolhiintua helposti ja pinta voi vaurioitua. Kupariputkien päät on parempi suojata hyvin kuljetuksen ja työmaavarastoinnin aikana. Jos kupariputkea pitää säilyttää pidemmän aikaa, on putki parempi suojata säältä. Putket voivat säilytyksen aikana tummua ulkopuolelta, mutta se ei heikennä niiden käyttöä. Asennuksen aikana putkeen ei saa päästä likaa, sillä se voi estää suojakerroksen syntymistä putken sisään myöhemmin. Lika voi aiheuttaa myös käyttöhäiriöitä, jos kyseessä on suljettu kiertopiiri. Neste, happi, ultravioletti säteet tai mikrobit eivät pysty läpäisemään kupariputkea. (Euroopan kupariputkikampanja 2012)

Kupariputkea on käytetty rakentamisessa jo useita vuosikymmeniä, tietyvästi sitä on alettu käyttää Suomessa 1890-luvulla (Kekki Tomi K., Keinänen-Toivola Minna M., Kaunisto Tuija, Luntamo Marja 2007, 15). Vesijohdoissa sitä on käytetty jo tuhansia vuosia. Nykyisin sitä käytetään sekä uudisrakentamisessa että peruskorjauksissa rakennuksen kaikissa putkistoissa. Kun kupariputkia käytetään rakennuksen vesijohdoissa, sijoitukselle on useita mahdollisuuksia. Putket voidaan asentaa näkyville pintaan, ne voidaan asentaa myös rakenteiden sisään esim. putkitunneleihin, alakattoon tai putkikanaviin. Jos kytkentäputket asennetaan väliseinän sisään, pitää käyttää yhtenäistä muovipinnoitettua kupariputkea. Jos putket on asennettu tilaan vaakasennossa, lämminvesiputket tulee sijoittaa kylmävesiputkien yläpuolelle. (Euroopan kupariputkikampanja 2012, Uponor 2012)

2.4.2 PEX

PEX-putki on ristosilloitettua polyeteenimuovia. Polyeteenimuovilla on korkea molekyylipaino. Kun polyeeniketjuja ristosilloitetaan kemiallisella käsittelyllä, siihen käytetään peroksideja (PEX-a) tai silaania (PEX-b). Säteililytys on myös yksi tapa käsitellä polyeteeniä, säteililytyksen tuotteena saadaan PEX-c:tä. Silloitettaessa polyeteenin pitkien moleyyliketjujen väliin muodostuu kolmiulotteinen kemiallinen verkko. (Kekki Tomi K., Keinänen-Toivola Minna M., Kaunisto Tuija, Luntamo Marja 2007)

PEX-nimi muodostuu PE-kirjainyhdistelmästä, eli polyeteenistä, sekä X-kirjaimesta, jolla tarkoitetaan ristosilloitusta. Ristosilloitus tekee PEX-materiaalista äärimmäisen vahvan ja parantaa polyeteenin mekaanisia, termisiä ja kemiallisia ominaisuuksia. (Kekki Tomi K., Keinänen-Toivola Minna M., Kaunisto Tuija, Luntamo Marja 2007)



Kuva 3. PEX-putki lämpimälle vedelle tarkoitetussa suojaputkessa (Taloon.com 2012)

Yleisesti muoviputken lämpölaajenemiskerroin on suuri, PEX-putkella se on jopa 10-kertainen verrattuna kupariin. Taipuisuuden vuoksi sitä voidaan hallita paremmin. PEX:n tärkein ominaisuus on se, että se on luja ja kestää korkeissakin lämpötiloissa. Kun PEX-putkea käytetään käyttövesijärjestelmässä, sen pintaan tehdään hapen läpäisyn kestävä kalvo, jota kutsutaan diffuusiokalvoksi. (Uponor 2012)

PEX-putki asennetaan aina rakenteen sisään suojaputkessa. Suojaputki estää vuodon pääsyn rakenteisiin ohjaamalla sen pois. Eri valmistajilla on eri lähtöaineita ja silloitusmenetelmiä käytössä, joten putkienkin ominaisuudet eroavat toisistaan valmista-

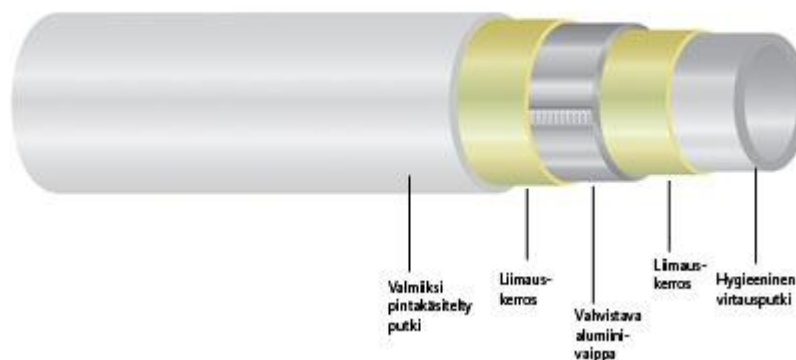
jan mukaan. Ristisilloitetuista polyeeniputkista kaksi soveltuu kosketuksiin juomaveden kanssa. Nämä PEX-putket ovat PEX-a ja PEX-c. (Kekki Tomi K., Keinänen-Toivola Minna M., Kaunisto Tuija, Luntamo Marja 2007)

PEX-putkella on paljon etuja. Käyttövesi on ja pysyy puhtaana ja raikkaana. Putkella on hyvin vähäinen kerrostumien muodostumisriski. Korroosiovaurioita ei tule, eikä sakkaantumista tapahdu. Putki vaimentaa myös ääntä ja paineiskuja hyvin. Veden pH-arvojen muuttuminen ei vaikuta, koska PEX kestää korkeita sekä matalia arvoja. Painehäviö on putkella pieni ja se kestää suuriakin virtausnopeuksia. (Kekki Tomi K., Keinänen-Toivola Minna M., Kaunisto Tuija, Luntamo Marja 2007, Uponor 2012)

PEX-putken keskimääräinen tekninen käyttöikä alle 90 asteen lämpötilassa on normaalissa käytössä 50 vuotta, kuten myös kupariputkella. Wirsbo-PEX on saanut ensimmäisen tyyppihyväksyntänsä 1973 ja nykyään se on hyväksytty jo 30 maassa. (Uponor 2012). Suomessa PEX-putkea on käytetty vasta vuodesta 1986, joten siitä ei ole vielä niin pitkäaikaisia käyttökokemuksia verrattuna esim. kupariputkeen (Kekki Tomi K., Keinänen-Toivola Minna M., Kaunisto Tuija, Luntamo Marja 2007). Tulevaisuudessa tiedetään enemmän PEX-putken käyttäytymisestä vesijohtoverkostossa, kun on saatu käyttökokemuksia myös Suomessa pidemmältä aikaväliltä.

2.4.3 Komposiitti

Komposiittiputki on putki, joka on vahvistettu alumiinivaipalla. Se on monikerroksinen muoviputki ja siinä yhdistyvät sekä metallisen, että muovisen putken hyvät ominaisuudet. Koska putkessa on alumiinikerros, se tekee putkesta sataprosenttisesti happitiiviin. Alumiini auttaa myös siinä, että lämpölaajenemista ei tapahdu niin paljon verrattuna esim. PEX-putkeen. Uponorin komposiittiputken lämpölaajenemiskerroin on 0,025 mm/mK, mutta kerroin vaihtelee hieman valmistajien mukaan. Esimerkiksi KWH Popen komposiittiputkella laajenemiskerroin on 0,026 mm/mK (KWH Pipe, 2012). Kerroin ei juurikaan muutu. Komposiittiputki on käytössä nykyään jo yli 60 maassa ja yksi vaikuttavimmista tekijöistä on varmasti sen helppo, nopea ja turvallinen asennus. (Uponor 2012)



Kuva 4. Komposiittiputki (Uponor 2012)

Komposiittiputken etuna on se, että se kestää hyvin erilaisia vesilaatuja. Putki ei altistu korroosiolle. Putkesta ei myöskään pitäisi liueta juomaveden epäpuhtauksia. Komposiittiputki kestää painetta 10 bar:ia ja sitä voidaan käyttää lämpötiloissa -40 °C - $+70\text{ °C}$. Komposiittiputkea voidaan myös taivuttaa, kuten PEX-putkea ja se säilyttää muotonsa. (Uponor 2012)

2.5 Putkien eristäminen

2.5.1 Eristystarve

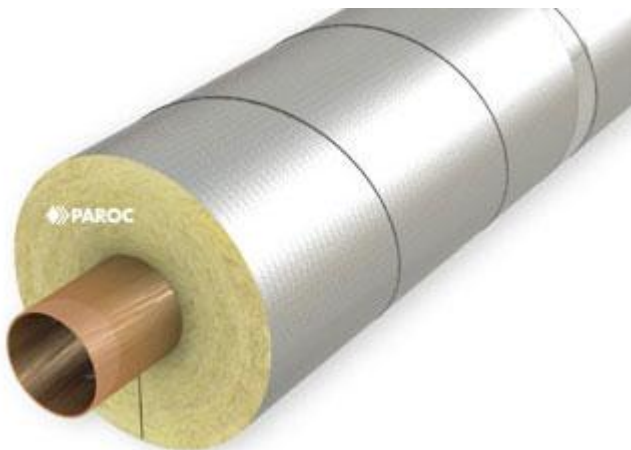
Käyttövesiputkien eristämistarve syntyy siitä, että lämpimän käyttöveden putkessa virtaava vesi on huomattavasti korkeammassa lämpötilassa kuin putkia ympäröivän ilman lämpötila. Esimerkiksi kiertovesiputkissa lämpötilan tulisi olla 55-asteista, kun ilman lämpötila on noin 20 astetta (Seppänen Olli 2001, 209).

Pääasiassa on kaksi syytä, miksi putket pitää eristää. Suurin syy on putkistossa syntyvät lämpöhäviöt ja toinen syy putkia ympäröivän tilan tarpeeton lämpiäminen. Eristämisellä pyritään siihen, että lämpimässä käyttövesiputkistossa virtaava vesi saadaan käyttöpisteeseen halutussa lämpötilassa ja ilman suurempia lämpöhäviöitä. Jos putkia ei eristettäisi, vesi jäähtyisi putkistossa liikaa. Lisäksi se synnyttäisi tarpeetonta huonetilan lämpiämistä. (LVI 50–10345 2002, 1)

Rakentamismääräyskokoelmassa sanotaan, että sellaiset vedenlämmittimet ja johdot, joissa vesi kiertää jatkuvasti, lämmöneristetään. Lämpimän käyttöveden kiertovesiputket ja jakojohdot lämmöneristetään niin, että lämmönvastus on vähintään 1 m²K/W (Suomen RakMK D1 2007, 16).

2.5.2 Eristysmateriaalit

Lämminvesi- ja kiertovesiputket voidaan eristää eri materiaaleilla. Yleisimmät eristeet lämpimän veden putkistoissa ovat valmiiksi muotoon puristettu mineraalivillakouru, joko vuorivillasta tai lasivillasta, tai solumuovilevy. Kouruja on saatavissa joko alumiinilaminaatilla päällystettynä tai ilman päällystettä. Eristämisessä voidaan käyttää myös mineraalivillamattoa tai -levyä. (LVI 50–10344 2002, 2)



Kuva 5. Mineraalivillakouru kupariputken ympärillä (Paroc, 2012)

Lämpimissä käyttövesiputkissa ja kiertovesiputkissa on käytössä kolmea eri tunnuksella varustettua eristemateriaalia. Tunnukset ovat Aa, Ab ja Ac. Aa ja Ab ovat käytössä sijainniltaan näkyvällä paikalla olevassa putkessa. Jos putki ei ole esillä ja se kulkee esim. nousukuilussa tai sisäkatolla, voidaan käyttää millä vain näistä kolmesta tunnuksesta varustettua putkea. (LVI 50–10344 2002, 2)

Aa tarkoittaa lämmöneristeenä päällystämätöntä mineraalivillakourua ja sen lämmönjohtavuus on esim. keskilämpötilassa 50 °C 0,040 W/mK. Ab tarkoittaa mineraalivillakourua, joka on päällystetty alumiinilaminaatilla. Sen lämmönjohtavuus on myös 0,040 W/mK. Lisäksi Ab-tunnuksella käytössä on vuori-/kivivillakouru tai lasivillakouru. Ac on mineraalivillakouru, jossa on alumiinilaminaattisuljin. Lämmönjohtavuus on sama kuin edellisillä. Ac-tunnuksella käytetään myös vuori-/kivivillakourua tai lasivillakourua. (LVI 50–10344 2002, 2)

Lämminvesijärjestelmässä LVI-ohjetiedostossa, jonka mukaan eristykset tehdään, on myös tietty numero, joka kuvaa sarjaa, jonka mukaan putket on eristettävä. Nämä sarjat ovat näkyvällä ja ei näkyvällä putkella 25 sekä lämpimässä käyttövesiputkessa että kiertoputkessa. Nousukuilussa käytettävän sarjan numero on 23 (LVI 50–10345 2002, 2).

2.5.3 Eristyspaksuus

Kaikki eristyspaksuudet mitoitetaan aina tapauskohtaisesti. Tarkat lähtötiedot kohteesta ovat tärkeitä. Kun mitoitetaan eristyspaksuutta, käytetään perusteena esimerkiksi taloudellisuutta. Järjestelmissä, joissa on lämpöhäviöitä, pyritään taloudellisesti edullisimpaan eristepaksuuteen. Tällä tarkoitetaan sitä, että pohditaan kokonaiskustannuksia, jotka eristämisestä syntyvät. Kokonaiskustannukset muodostuvat materiaali- ja asennuskustannuksista sekä käyttökustannuksista. Optimaalinen eristyspaksuus saadaan silloin, kun kokonaiskustannukset ovat alhaisimmillaan. Esimerkiksi Paroc-kivivillaeristeillä on pitkä käyttöikä. Edullisin kokonaiskustannus saavutetaan eristeellä silloin, kun mitoitetaan se niin, että tuloksena on mahdollisimman vähäiset lämpöhäviöt. (Paroc 2012)

Eristyspaksuuteen vaikuttaa myös se, kuinka pitkä käyttöikä järjestelmälle on suunniteltu. Ja jos järjestelmällä on lämpötilan muutoksen suhteen vaatimuksia, ne pitää huomioida. Järjestelmissä, joissa on kondenssiriski, kuten kylmävesijohdot, sadevesiviemärit ja kylmäaineputkistot, pitää käyttää teknistä eristyspaksuutta. Tällöin oleellinen vaikuttava tekijä on ympäristön olosuhteet. (Paroc 2012)

Eristäessä pitää ottaa huomioon myös putkien tilantarve käytännössä, eli se, kuinka hyvin putket mahtuvat menemään niille suunnitellussa tilassa. On huomioitava hyvä rakennustapa talotekniikassa. Kun putkia eristetään, on tiedettävä materiaalit, jotka ovat saatavilla. Hyvin kuumat putket on eristettävä hyvin, ettei synny palovauriovaaraa. Ja kylmässä tilassa olevat putket pitää eristää sen vuoksi, etteivät ne jäätyisi. Elinkaariajattelu on tärkeää myös mitoituksessa. (Seppänen Olli 2001, 209, LVI 50–10345 2002, 1)

Käyttövesiverkostoissa putkia jätetään myös eristämättä. Eristystä ei tarvita, kun eristämättömyys ei nosta tarpeettomasti huoneen lämpötilaa. Toisaalta lämpöhäviö voi myös olla osa huoneen lämmitystarvetta. Ilman eristystä jää esim. kiertojohdoton näkyviin jäävä kalusteen kytkentäjohto sekä jakojohdot, jotka on pinta-asennettu. Samoin on kylmävesiverkostossa. (Seppänen Olli 2001, 209)

2.5.4 Asennusvälit eri eristyspaksuuksilla

Paroc on kansainvälinen yritys, joka tuottaa kivivillaeristeitä. Paroc on aloittanut kivivillaeristeiden valmistuksen sekä myynnin jo vuonna 1952 ja sen jälkeen yrityksessä on kehitelty uusia ratkaisuja tarpeen mukaan, mm. eristykset matalaenergiarakentamiseen. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Suomessa ja edustusta on jo 13 maassa. Suomessa Paroc on johtava eristetoimittaja. Parocin asennusoppaan ja heidän eristeidensä mukaan sarjat ovat lämminvesijohdolla 24 ja nousujohdolla 22 ja lämminvesikiertojohdolla 25 ja nousujohdolla 23, kuten LVI 50–10345 tiedostossa sanotaan. Seuraavista taulukoista (Taulukot 1-4.) nähdään putkien eristyspaksuudet ja asennusvälit sarjoilla 22-25. (Paroc 2012)

Taulukko 1. Sarja 22

Putken halkaisija			
sarja 22			
d	eristyspaksuus s	kahden eristettävän putken väli a	eristettävän putken ja kiinteän rakenteen väli b
mm	mm	mm	mm
10...49	30	110	70
50...89	40	130	80
90...169	50	150	90
170...324	60	170	100
325...714	80	210	120

Taulukko2. Sarja 23

Putken halkaisija			
sarja 23			
d	eristyspaksuus s	kahden eristettävän putken väli a	eristettävän putken ja kiinteän rakenteen väli b
mm	mm	mm	mm
10...49	40	130	80
50...89	50	150	90
90...169	60	170	100
170...324	80	210	120
325...714	100	260	140

Taulukko 3. Sarja 24

Putken halkaisija			
sarja 24			
d	eristyspaksuus s	kahden eristettävän putken väli a	eristettävän putken ja kiinteän rakenteen väli b
mm	mm	mm	mm
10...49	50	150	90
50...89	60	170	100
90...169	80	210	120
170...324	100	260	140
325...714	120	300	170

Taulukko 4. Sarja 25

Putken halkaisija			
sarja 25			
d	eristyspaksuus s	kahden eristettävän putken väli a	eristettävän putken ja kiinteän rakenteen väli b
mm	mm	mm	mm
10...49	60	170	100
50...89	80	210	120
90...169	100	260	140
170...324	120	300	170
325...714	140	340	190

2.5.5 Eristyksen vaikutus lämpöhäviöihin

Putkien koko ja materiaali vaikuttaa lämpöhäviöihin. Parocilla on laskuri, jolla voidaan laskea lämpöhäviöt putkimetriä kohden. Laskuriin voi asettaa putkimateriaalin, sisällä virtaavan aineen lämpötilan, lämpötilan, jossa putki kulkee ja putkipituuden. Ohjelma laskee näin kuinka paljon lämpöhäviöt ovat tietyllä matkalla. (Paroc 2012)

Paroc Calculus-ohjelman laskemia lämpöhäviöitä kupariputkelle nähdään seuraavissa taulukoissa (Taulukot 5.-9.). Kaikissa kohdissa putken sisällä virtaavana materiaalina on käytetty vettä, jonka lämpötilan oletetaan olevan 55 °C. Lisäksi ympäristön

lämpötila on 21 °C. Ohjelmasta nähdään kuinka paljon lämpöhäviö olisi eristämättömällä putkella metrin matkalla ja mikä tietyn halkaisijan omaavan putken pintalämpötila on, kun putki on eristetty 30 mm, 40 mm, 50 mm ja 60mm Parocin kivivil-laeristeellä.

Taulukko 5. Kupariputken lämpöhäviö eristämättömänä (Paroc 2012)

Eristämätön putki			
Kupari			
Putken hal- kaisija	Putken sisä- halk.	Lämpöhäviö	Pintalämpötila
mm	mm	W/m	°C
10	8,4	15,5	55
12	10	18,1	55
15	13	21,7	55
18	16	25,3	55
22	20	29,9	55
28	25,6	36,6	55
35	32	44,2	55
42	39	51,6	55
54	51	63,8	55

Taulukko 6. Kupariputken lämpöhäviö eristepaksuudella 30 mm (Paroc 2012)

PAROC Hvac Section AluCoat, paksuus 30 mm			
Kupari			
Putken hal- kaisija	Putken sisä- halk.	Lämpöhäviö	Pintalämpötila
mm	mm	W/m	°C
10	8,4	3,5	24,6
12	10	3,8	24,7
15	13	4,2	25
18	16	4,6	25,2
22	20	5,1	25,4
28	25,6	5,8	25,6
35	32	6,6	25,9
42	39	7,3	26,1

Taulukko 7. Kupariputken lämpöhäviö eristepaksuudella 40 mm (Paroc 2012)

PAROC Hvac Section AluCoat, paksuus 40 mm			
Kupari			
Putken hal- kaisija	Putken sisä- halk.	Lämpöhäviö	Pintalämpötila
mm	mm	W/m	°C
10	8,4	3,2	23,8
12	10	3,4	23,9
15	13	3,8	24,1
18	16	4,1	24,2
22	20	4,5	24,4
28	25,6	5,1	24,6
35	32	5,7	24,8
42	39	6,3	25

Taulukko 8. Kupariputken lämpöhäviö eristepaksuudella 50 mm (Paroc 2012)

PAROC Hvac Section AluCoat, paksuus 50 mm			
Kupari			
Putken hal- kaisija	Putken sisä- halk.	Lämpöhäviö	Pintalämpötila
mm	mm	W/m	°C
10	8,4	2,9	23,5
12	10	3,1	23,6
15	13	3,4	23,7
18	16	3,7	23,7
22	20	4,1	23,8
28	25,6	4,6	24
35	32	5,1	24,2
42	39	5,7	24,3

Taulukko 9. Kupariputken lämpöhäviö eristepaksuudella 60 mm (Paroc 2012)

PAROC Hvac Section AluCoat, paksuus 60 mm			
Kupari			
Putken hal- kaisija	Putken sisä- halk.	Lämpöhäviö	Pintalämpötila
mm	mm	W/m	°C
10	8,4	2,8	23,1
12	10	3	23,2
15	13	3,2	23,3
18	16	3,5	23,4
22	20	3,8	23,6
28	25,6	4,2	23,7
35	32	4,7	23,9
42	39	5,2	23,8

Taulukoiden perusteella voidaan verrata eri eristepaksuuksia hyvin yksinkertaistetulla tavalla keskenään. Pystytään laskemaan esimerkiksi kuinka paljon 20 mm lisäys eristeeseen suoralla putkella vaikuttaa lämpöhäviöihin putkistossa. Lämpöhäviöihin siinä tapauksessa ei oteta mukaan esim. mutkista tai vesikalusteille menevistä eristämättömistä putkista syntyvää lämpöhäviötä, vaan vain suoran putken lämpöhäviö.

Parocin ohjelmassa ei ole materiaalina PEX-putkea, mutta taulukoista 10.–14. nähdään miten lämpöhäviöt muuttuvat PVC-muovin kohdalla. Sitä voidaan pitää suuntaa antavana tarkasteltaessa PEX-muoviputkea. PVC-putken taulukoita on käytetty laskuissa, jotka liittyvät PEX-putkeen.

Taulukko 10. PVC-putken lämpöhäviö eristämättömänä (Paroc 2012)

Eristämätön putki			
PVC			
Putken hal- kaisija	Putken sisä- halk.	Lämpöhäviö	Pintalämpötila
mm	mm	W/m	°C
15	10	15	55
18	13	17,6	55
22	16	20,1	55
28	20	23	55
32	23,2	25,2	55
40	26,2	26,1	55
50	36,2	32,4	55
63	45,6	36,5	55

Taulukko 11. PVC-putken lämpöhäviö eristepaksuudella 30 mm (Paroc 2012)

PAROC Hvac Section AluCoat, paksuus 30 mm			
PVC			
Putken hal- kaisija	Putken sisä- halk.	Lämpöhäviö	Pintalämpötila
mm	mm	W/m	°C
15	10	3,4	24,3
18	13	3,8	24,5
22	16	4,1	24,6
28	20	4,4	24,7
32	23,2	4,7	24,8
40	26,2	4,7	24,6
50	36,2	5,5	24,9
63	45,6	6,1	24,9

Taulukko 12. PVC-putken lämpöhäviö eristepaksuudella 40 mm (Paroc 2012)

PAROC Hvac Section AluCoat, paksuus 40 mm			
PVC			
Putken hal- kaisija	Putken sisä- halk.	Lämpöhäviö	Pintalämpötila
mm	mm	W/m	°C
15	10	3	23,8
18	13	3,4	23,7
22	16	3,6	23,8
28	20	3,8	23,9
32	23,2	4,1	23,9
40	26,2	4	24
50	36,2	4,7	24
63	45,6	5,2	24,1

Taulukko 13. PVC-putken lämpöhäviö eristepaksuudella 50 mm (Paroc 2012)

PAROC Hvac Section AluCoat, paksuus 50 mm			
PVC			
Putken hal- kaisija	Putken sisä- halk.	Lämpöhäviö	Pintalämpötila
mm	mm	W/m	°C
15	10	2,8	23,3
18	13	3,1	23,4
22	16	3,2	23,5
28	20	3,5	23,6
32	23,2	3,6	23,6
40	26,2	3,6	23,5
50	36,2	4,2	23,7
63	45,6	4,5	23,7

Taulukko 14. PVC-putken lämpöhäviö eristepaksuudella 60 mm (Paroc 2012)

PAROC Hvac Section AluCoat, paksuus 60 mm			
PVC			
Putken hal- kaisija	Putken sisä- halk.	Lämpöhäviö	Pintalämpötila
mm	mm	W/m	°C
15	10	2,6	23
18	13	2,9	23,1
22	16	3	23,1
28	20	3,2	23,2
32	23,2	3,4	23,2
40	26,2	3,3	23,1
50	36,2	3,8	23,3
63	45,6	4,1	23,3

2.5.6 Eristeiden hintataso

Parocin teknisten eristeiden hinnasto on päivitetty Parocin internetsivuille 25.6.2012. Hinnastossa hinnat ovat ilman arvonlisäveroa. Seuraavissa taulukoissa nähdään Paroco Hvac AluCoat T-eristeen hinnat nimellishalkaisijalla 20–50 mm. Valkoisella pohjalla olevat eristeet ovat Parocin Hvac Section AluCoat-eristettä, joka on verkkovahvistetulla alumiinilaminaatilla päällystetty kivivillakouru. Verrattuna AluCoat T:hen siitä puuttuu pituussaumasta teippisulkija. (Paroc 2012)

Paroc Hvac Section AluCoat T:n tiedot:

- kivivillakouru, jonka pituus on 1200 mm
- päällyste on alumiinilaminaattia ja sen päällysteessä on teippisulkija
- paloluokka on A2_L-s1, d0, mikä tarkoittaa sitä, että se sopii käytettäväksi kaikkiin talotekniikan putkieristykseen kaikilla rakennustyypeillä (KESPET-uutiset 2012)
- lisäksi rakennusmateriaalin päästöluokka on M1, joka on paras päästöluokka. Se tarkoittaa sitä, että tuotetta on testattu puolueettomassa laboratoriossa. Lisäksi se on täyttänyt vaatimukset, jotka M1-luokalle on asetettu. Vaatimukset koskevat mm. huoneilmaan materiaalista kulkeutuvia kemiallisia päästöjä, joita myös kutsutaan emissioiksi (Rakennustieto 2012).
- nämä tekniset eristeet, jotka ovat nimelliseltä eristepaksuudeltaan 30–50 mm, ovat luokaltaan Ac, joten ne kulkevat esim. nousukuilussa tai ei-näkyvällä paikalla, 60 mm nimellinen eristepaksuus on taas luokkaa Ab, joka tarkoittaa siis sitä, että se voi kulkea näkyvälläkin paikalla (LVI 50–10344 2002, 2)

Taulukko. 15. 30 ja 40 mm nimellisten eristepaksuuksien hinnat (Paroc 2012)

Nimellinen eristepaksuus							
30				40			
Nimellinen halkaisija				Nimellinen halkaisija			
sisä	ulko	hinta	Pakkaus sis.	sisä	ulko	hinta	Pakkaus sis.
mm	mm	€/m	m/pkt	mm	mm	€/m	m/pkt
12/15	72	4,45	24,0	12/15	92	5,20	22,8
18	82	4,55	18,0	18	102	2,30	8,4
22	82	4,70	18,0	22	102	5,55	8,4
28	92	4,90	14,4	28	102	5,70	8,4
35	92	5,45	14,4	35	115	6,15	8,4
42	102	5,70	108,0	42	128	6,55	8,4
48	115	6,00	8,4	48	128	7,10	8,4
54	115	6,3	8,4	54	128	7,80	8,4
60	115	6,55	8,4	60	141	8,00	6,0
64	128	7,05	8,4	64	141	8,30	6,0
76	141	7,65	6,0	76	154	9,30	6,0
89	154	8,35	6,0	89	167	10,25	3,6
114	180	12,45	3,6	114	193	12,55	3,6
				140	219	15,25	3,6
				168	245	17,40	2,4
				219	297	20,10	2,4
				273	349	26,35	1,2

Taulukko 16. 50 ja 60 mm nimellisten eristepaksuuksien hinnat (Paroc 2012)

Nimellinen eristepaksuus							
50				60			
Nimellinen halkaisija				Nimellinen halkaisija			
sisä	ulko	hinta	Pakkaus sis.	sisä	ulko	hinta	Pakkaus sis.
mm	mm	€/m	m/pkt	mm	mm	€/m	m/pkt
12/15							
18							
22	128	7,00	8,4				
28	128	7,25	8,4				
35	141	7,60	6,0				
42	141	8,05	6,0				
48	154	8,50	6,0				
54	154	9,10	6,0	54	180	10,80	3,6
60	154	9,40	6,0	60	180	11,20	3,6
64	167	9,90	3,6	64	180	11,95	3,6
76	180	11,20	3,6	76	193	13,15	3,6
89	193	12,20	3,6	89	206	14,10	3,6
114	219	14,55	3,6	114	232	15,55	3,6
140	245	17,15	2,4	140	258	19,00	2,4
168	271	19,20	2,4	168	284	21,35	2,4
219	323	22,45	1,2	219	336	24,75	1,2
273	375	28,82	1,2	273	388	32,10	1,2

3 TEKNOLOGIATALO SYTYTIN

Teknologiatalo Sytytin sijaitsee Raumalla Kaivopuiston alueella, osoitteessa Sinkokatu 11. Se on valmistunut vuoden 2011 maaliskuussa ja tilat otettiin käyttöön saman vuoden huhtikuussa. Kiinteistöyhtiön pääomistajia ovat Hollming Oy sekä Rauman kaupunki. Sytytin on nykyaikainen toimistotalo, joka on täynnä vuokrattavia tiloja. Rakennuksessa toimii myös 120-paikkainen ravintola. Erikoisuutena Sytyttimessä on toimistohotelli, josta yritykset voivat vuokrata tiloja lyhyeksi tai pidemmäksi aikaa. Rakennus tarjoaa tilat yli 200 vakituiselle työntekijälle. Vastaavaa rakennusta ei Raumalla ennestään ole ollut. Talon pinta-ala on noin 7000m², huoneistoala n. 6000 m² ja vuokrattavia tiloja tästä neliömäärästä on 5300m². Rakennus on kaksikerroksinen ja siinä on yhdeksän erillistä siivekettä. Toimistot on saatu helposti sijoiteltua eri siivekkeisiin (Projekti uutiset 2012). Toimistot on suunniteltu vuokraajien tarpeen mukaan. Sytyttimessä on mm. avotoimistoja ja perinteisiä yksittäisiä toimistohuoneitakin. Lisäksi toimistot on sisustettu vuokraajansa mukaan ja tilat miellyttävätkin silmää, kun kuljetaan toimistorakennuksen eri osissa.



Kuva 6. Teknologiaatalo Sytytin (Rauman kaupunki, 2012)

3.1 Rakennuksessa käytettävä vesi

Teknologiatalo Sytytin käyttää vetenään Rauman Veden toimittamaa talousvettä (Prizztech 2012). Rauman Vesi käyttää raakavetenä Lapinjoen tai Eurajoen vettä. Äyhönjärvi toimii raakavesialtaana. Lapinjoen vesi johdetaan raakavesialtaan koillisosaan ja Eurajoen vesi pumpataan luoteisosaan. Eurajoen vettä voidaan käyttää myös ohi raakavesialtaan ja tätä vaihtoehtoa käytetään varajärjestelmänä. Rauman

veden tarkoituksena on käyttää mahdollisimman hyvälaatuista jokivettä, kun otetaan taloudelliset seikat huomioon. (Rauman Vesi 2012)

Talousvesi valmistetaan kaksivaiheisen prosessin avulla. Pystyselkeytyslaitos on ensimmäinen vaihe, jossa vesi saostetaan käyttäen ferrisulfaattia ja pH:n säätöön käytetään kalkkia. PH säädetään arvoon viisi. Toisessa vaiheessa flotaatiolaitoksella saostetaan myös ferrisulfaatilla. Lisäksi tällä laitoksella hapetetaan ja desinfioidaan mangaani natriumhypokloriittia käyttäen. Jälkikäsitteilynä on aktiivihiihliisuodatus. (Rauman Vesi 2012)

Rauman vesilaitos käy 16 tuntia vuorokaudessa, klo 6-22. Sinä aikana valmistuu kuluttajille menevä vesi. Vettä laitokselta pumpataan keskimäärin 7500m^3 vuorokaudessa. Laitos pysähtyy siis kymmeneltä illalla ja sen jälkeen puhdasvesipumppu vielä pumppaa verkostoon vettä puoleenyöhön asti. Sen jälkeen vesi johdetaan verkostoon vesitornista. (Rauman Vesi 2012)



Kuva 7. Rauman vesitorni (Wikipedia 2012)

Rauman vesitorni on tilavuudeltaan 2400m³. Vesitornin pinta pitää nostaa seuraavan yön kulutuksen vaatimalle tasolle ja se pumpataan sovittuun määrään työpäivän aikana. Vesilaitos käyttää vesitornia myös tasatessaan verkostopainetta. Vuodesta 2009 on aloitettu ammoniumkloridin syöttö talousveteen. Tällä turvataan se, että kloori pysyy kaikissa vesijohtoverkoston osissa. (Rauman Vesi 2012)

3.2 Käyttövesiverkosto

Teknologiatalo Sytyttimeen on rakennettu tutkimustarkoituksia varten täyden mittakaavan käyttövesiverkosto. Samankaltaista tutkimusverkostoa ei löydy edes maailmanlaajuisesti. Sytyttimen vesijärjestelmät on suunniteltu ja myös asennettu vallitsevan lainsäädännön ja rakentamiskäytännön mukaan. Sytytin toimii ns. Living Lab-teeman mukaisena ympäristönä. Living Lab tarkoittaa sitä, että aidossa ympäristössä tutkitaan tietyn tuotteen tai palvelun käyttäytymistä (Living Labs 2012). Sytyttimen tapauksessa tutkittavana kohteena on käyttövesiverkosto. Verkosto on normaalissa toimistokäytössä, mutta siihen on lisätty elementtejä, jotka edesauttavat verkoston tutkimista (Prizztech 2012).

Sytyttimen käyttövesiverkosto on tehty sekä kylmälle, että lämpimälle vedelle. Toiseen osaan toimistorakennusta on asennettu kupariputket ja toiseen osaan PEX-putket. Sytyttimessä on lämpöeristettyä lämpimän veden kupariputkistoa n. 326 metriä ja PEX-putkistoa n. 280 metriä (Elomatic 2012). Näiden lisäksi kellarikerrokseen on tehty lyhyt monikerros- eli komposiittiputkilinja, jossa virtaa vain kylmää vettä. Kupari- ja PEX-verkostoja ja niiden käyttäytymistä tutkitaan putkikeräinten avulla. Putkikeräinyksiköitä on sijoitettu eri puolille rakennusta 11 kpl. Niistä saadaan tutkimusaineistoa tulevina vuosina siitä, miten materiaalit ja vesi putkistoissa käyttäytyvät. Sytyttimessä on putkikeräinten yhteydessä näytteenottohanoja. PEX-, ja kupariputkistoihin on asennettu ylimääräisiä etäluettavia vesimittareita, joista pystytään seuraamaan vedenkulutusta (Prizztech 2012).

Sinkokadun, jossa teknologiatalo Sytytin sijaitsee, painetasoksi on Rauman Vesi ilmoittanut 45 metriä vesipatsasta. Se tarkoittaa n. 450 kPa:n painetta. (Vepsä Jyrki 2010)

3.3 Putkien eristys Sytyttimessä

Teknologitalo Sytyttimessä kylmävesiverkoston materiaaleina on käytetty saumamatonta kupariputkea, sekä PEX-muoviputkia ja komposiittiputkia. Lämminvesiverkoston kupariputket ovat LVI-N:o 1581 putkea. Kuparin lisäksi on käytetty PEX-putkea. Näkyvät kalustehaarat ovat pinta-asennuksissa kromattua kupariputkea (Elomatic Oy 2011).

Putkien eristys on LVI-työselostuksen mukaan tehty LVI 50–10345 ohjekortin mukaisesti. Kylmävesijohdot on eristetty eristysvahvuudeltaan sarjan 22 mukaisesti. Kylmävesijohdoissa on käytetty eristeenä diffuusiotiiviillä pintakerroksella varustettua PV-AE-kourua (Elomatic Oy 2011, 51).

Lämminvesijohdot on eristetty sarjan 24 mukaisesti. Materiaalina on ollut PV-E-vuorivillakouru. (Elomatic Oy 2011, 51) Lvi-kortissa 50–10345 on sanottu, että näkyvällä ja ei näkyvällä putkella käytettäisiin sarjaa 25 sekä lämpimässä käyttövesiputkessa että kiertoputkessa. Nousukuilussa sarjan numero olisi 23. LVI-työselostuksen mukaan putket olisi siis eristetty kiertoputkessa ja lämpimässä käyttövesiputkistossa sarjaa alemman mukaan ja nousukuiluissa sarjaa ylemmän mukaan.

3.4 Putkiston asettelu eli topografia

Topografialla tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, miten käyttövesiputket on rakennukseen sijoitettu. Putkisto suunnitellaan niin, että putket kulkisivat mahdollisimman viisaasti niille tarkoitetuissa paikoissa, ja yleisesti putket sijoitetaan kerrosten välillä samaan raitoon viemäreiden sekä muiden johtojen kanssa. Suunnittelussa pyritään myös siihen, että putkistopituudet olisivat mahdollisimman lyhyitä. Tämä toteutuu parhaiten niin, että WC- ja märkätilat sijoitetaan keskitetysti ja mahdollisuuksien mukaan päällekkäin, jos rakennuksessa on useampia kerroksia.

Teknologiatalo Sytyttimessä WC- ja märkätilat on suunniteltu keskitetysti ja putkistot kulkevat hyvin suoraviivaisesti. Kosteat tilat on pyritty sijoittamaan mahdollisimman päällekkäin, jotta putkipituudet pysyisivät mahdollisuuksien puitteissa ly-

hyinä. Toki toimistojen keittiöt ja WC-tilat olisi voitu suunnitella vieläkin lähemmäs lämmönjakohuoneesta nousevia putkistoja, kun nyt ne sijaitsevat toimistojen ”päädyissä”. Putkistopituudet olisivat lyhentyneet vielä nykyisestä.

Verkoston asetteluun rakennuksessa vaikuttaa myös se, mistä materiaalista putkistot on tehty. Kupariputkia ei pystytä taivuttamaan, kuten PEX- ja komposiittiputkea ja se vaikuttaa putkien pituuksiin. PEX-putket pystytään viemään materiaalinsa puolesta melkein missä vain, kuparin kohdalla näin ei ole. Sytyttimessä putkistot on sijoiteltu niin, että toiseen päähän taloa menevät kupariputket suoraan vesikalusteille. Toiseen päähän rakennusta on vedetty PEX-putket jakotukeille ja niistä PEX-putkella vesikalusteille.

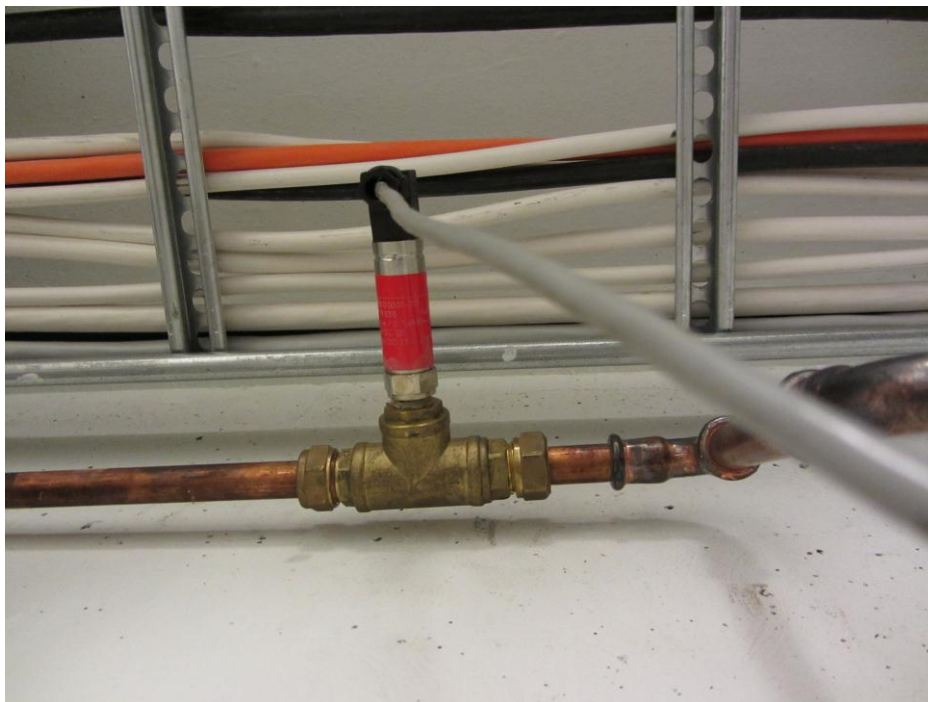
Kupariputkia on käytetty paljon pidempään kuin PEX-putkea ja siksi kupariputkistoja kutsutaankin perinteiseksi menetelmäksi. PEX-putkisto jakotukkeineen on uudempi menetelmä käyttövesiputkistoissa. PEX-putkia on käytetty ennen enemmän pientaloissa, mutta ne ovat yleistymässä myös suuremmissa kohteissa.

4 MITTAUSJÄRJESTELYT

4.1 Paine

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1 on määritetty päävesimittarin jälkeinen paine, jonka ylittyessä on käytettävä paineenalennusventtiiliä. Tämä paine on 500 kPa. Jos paine on suurempi kuin 500 kPa, paineenalennusventtiili laskee paineen mitoituksen vaatimalle tasolle. Jos paine on 350–500 kPa, voidaan myös käyttää paineenalennusventtiiliä riippuen kerroskorkeudesta sekä vesikalusteiden painehäviöstä mitoitusvirtaamalla. Jos paine on liian alhainen, käytetään paineenkorotusasemaa (Suomen RakMK D1 2007). Teknologiatalo Sytyttimessä on kaksi kerrosta, sekä kellarikerros. Kolmannessa kerroksessa sijaitsee ilmanvaihtohuone.

Sytyttimen kellarin lämmönjakohuoneeseen päävesimittarin jälkeisen kylmävesiputken haaraan asennettiin paineanturi 11.6.2012 (Kuvassa 8.). Anturi yhdistettiin loggeriin, josta tulokset voitiin lukea jännitteenä eli mittausyksikkönä oli voltti. Anturina käytettiin sveitsiläisen Trafag-nimisen valmistajan paineanturia. Trafag-tuotteet ovat tunnettuja luotettavuudestaan sekä toimintavarmuudestaan (Wexon Oy 2012). Paineanturi kalibroitiin ennen mittauksia. Kalibroinnin tulokseksi saatiin, että paineanturi antaa tuloksen, joka on 2,5–12,6 kPa suurempi kuin todellinen paine. Kalibroinnissa saadut tulokset heittelivät sen verran epäloogisesti, että niistä ei voi päätellä, pieneneekö mittausvirhe, kun ollaan suuremmissa paineissa. Sytyttimen painetaso on kuitenkin noin 450–550 kPa:n välillä. Kalibrointituloksista nähdään, että sillä välillä paineanturin virhe on 12 kPa:n luokkaa.



Kuva 8. Paineanturi kupariputkessa (kuva Aino Pelto-Huikko, Prizztech, 2012)

Ensimmäisenä päivänä painetta mitattiin puolen minuutin välein noin seitsemän tunnin ajan, jonka jälkeen mittaukset tapahtuivat 15 minuutin välein. Loggeri oli asetettu niin, että se mittasi 10 sekunnin välein 90 mittausta ja laski joka 15 minuutin välein näistä mittauksista keskiarvon tallentaen sen muistiin.

4.2 Vedenkulutus ja tilavuusvirta

Vedenkulutuksesta teknologiatalo Sytyttimessä saatiin tietoa päävesimittarin lukemasta, jota oli seurattu rakennuksen käyttöönoton jälkeen kuukausittain. Lisäksi Sytyttimen vesijohtoverkostoon on asennettu etäluettavia vesimittareita, joilta mittausdataa oli saatavilla tämän vuoden helmikuusta asti. Lisäksi mitattiin eri vesikalusteiden virtaamia ihan perinteisellä sekuntikello-mitta-astia-vaaka-systeemillä. Hanat laitettiin täysin auki ensin kylmän veden osalta. Virtauksesta otettiin aikaa sen verran kun ämpäriin kesti tulla n. 2-3kg vettä. Vesi punnittiin vaa'alla. Sama toistettiin myös lämpimällä vedellä.

4.3 Lämpötila

Lämpimän veden lämpötilan tulisi olla 58–60 astetta, kun se lähtee verkostoon. Kiertoveden lämpötilan kiertovesiverkostossa tulisi olla 55 astetta (Terveyden ja hyvinvoinninlaitos 2012).

Lämpötilamittauksia tehtiin Sytyttimen lämmönjakohuoneessa. Lämpötilan mittauspisteitä oli viisi. Lämpötilamittaukset aloitettiin saman päivänä painemittausten kanssa, eli 11.6.2012. K-termoparit pyrittiin asentamaan samankaltaisiin kohtiin, että ne olisivat vertailukelpoisia toisiinsa nähden. Ensimmäinen mittauspiste oli noin metri päävesimittarin jälkeen, eli anturi mittasi Rauman Veden toimittaman kylmän veden lämpötilaa. Muut neljä mittauspistettä olivat kupari- ja PEX-linjoissa.



Kuva 9. Mittaus PEX-putkesta (kuva Aino Pelto-Huikko, Prizztech, 2012)



Kuva 10. Mittaukset kiertovesiputkissa (kuva Aino Pelto-Huikko, Prizztech, 2012)

Anturit asennettiin verkostoon lähtevien lämpimien käyttövesiputken eristetyn osan sisään, jotta tulos olisi mahdollisimman oikea. Molempiin linjoihin asennettiin myös anturit mittaamaan palaavan kiertoveden lämpötilaa. K-termoparit asetettiin samoin kuin verkostoon lähtevissä putkissa. Mittausten alussa noin seitsemän tunnin ajan mitattiin lämpötiloja puolen minuutin välein, samoin kuin painettakin. Sen jälkeen mittausväli oli sama kuin painemittauksessa, eli 15 minuutin välein 90 mittauksen keskiarvoa käyttäen.

4.4 Kaukolämmönkulutus

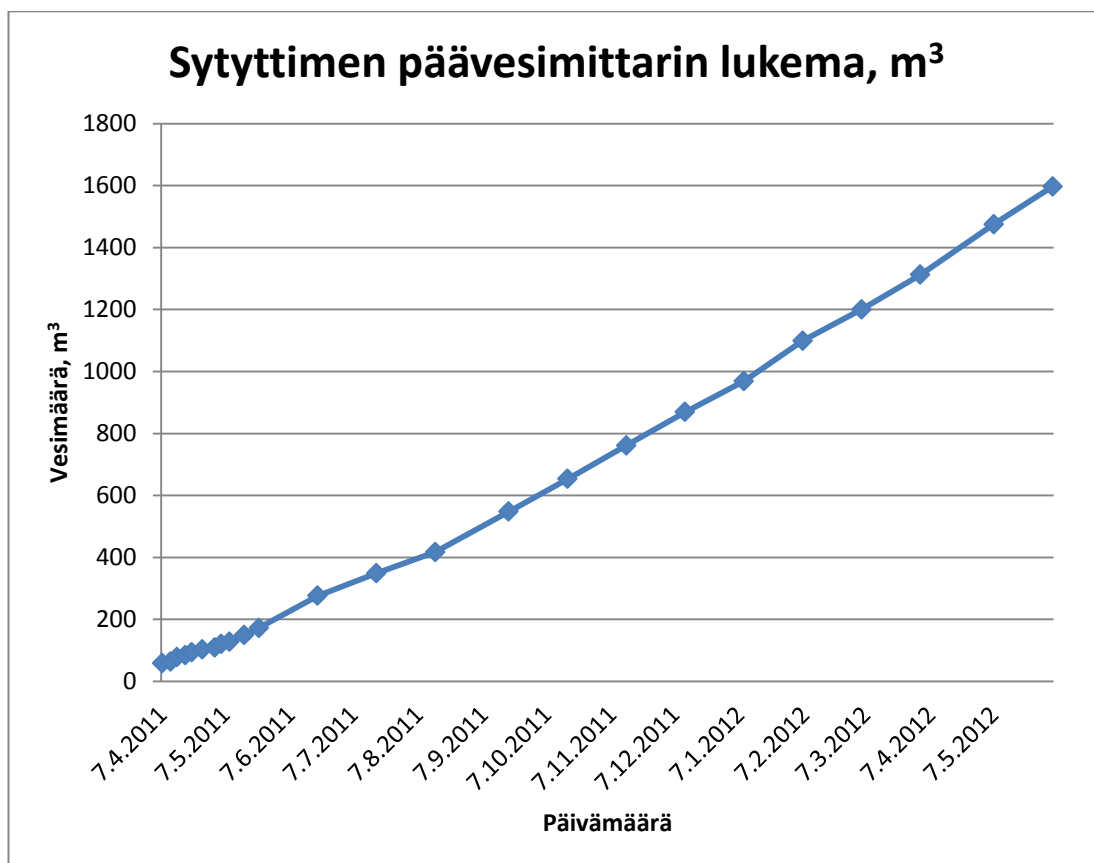
Syöttimen kaukolämmönkulutustiedot merkittiin ylös rakennusautomaatiojärjestelmästä 18.7., jotta niitä voitaisiin käyttää hyväksi arvioitaessa käyttöveden lämmitykseen kulunutta energiaa ja käyttövesiputkistojen lämpöhäviöitä.

5 VEDENKULUTUS

5.1 Päävesimittari

Teknologiatalo Sytyttimen päävesimittari sijaitsee rakennuksen kellarikerroksessa. Päävesimittarin molemmin puolin on venttiilit, joilla veden kulku saadaan suljettua (Jyrki Vepsä 2010). Päävesimittarin jälkeen oleva venttiili estää veden virtauksen takaisin kunnalliseen vesijohtoverkoston. (Suomen RakMK D1 2007, 7)

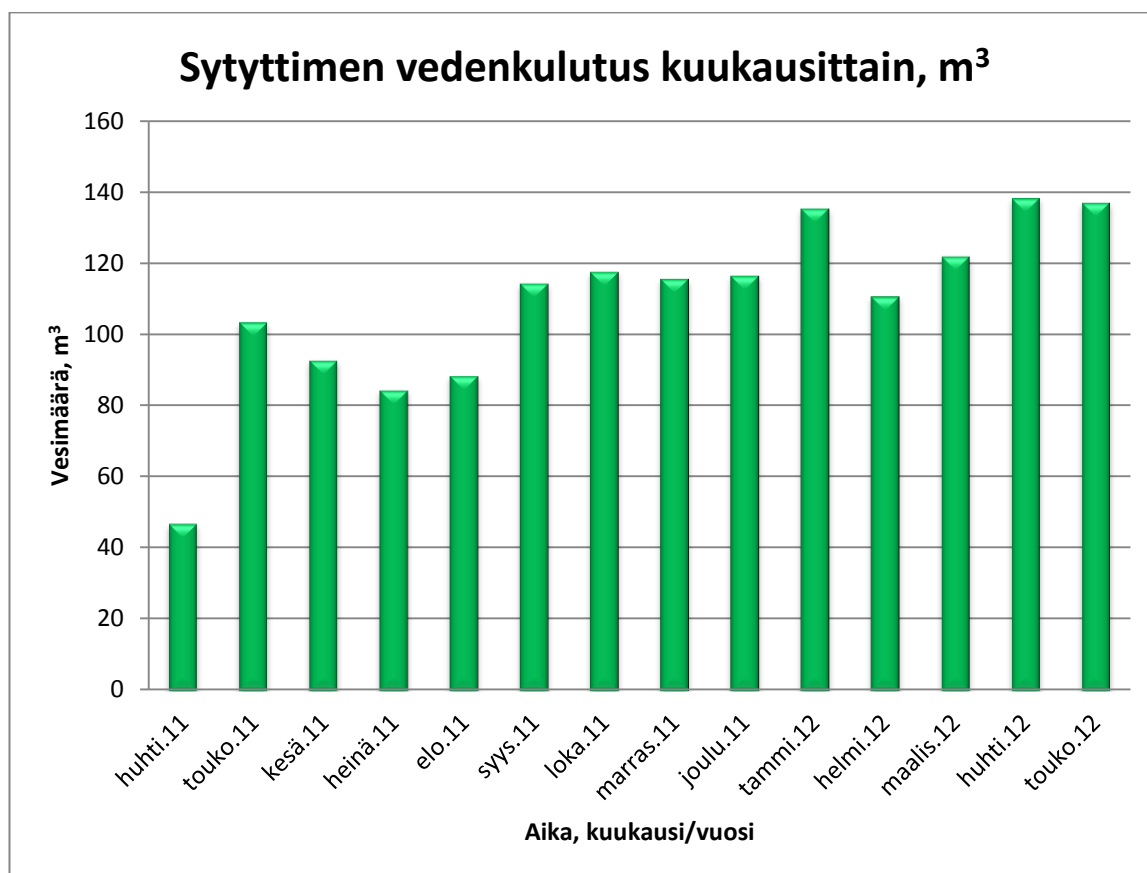
Sytyttimen käyttöönoton jälkeen päävesimittarin lukema on kirjattu ylös kahden ensimmäisen kuukauden ajan kuusi kertaa kuukautta kohti ja sen jälkeen kerran kuukaudessa. Seuraavasta kaaviosta (Kaavio 1.) voidaan nähdä, että vedenkulutus on ollut pitkällä aikavälillä aika tasaista.



Kaavio 1. Sytyttimen kokonaisvedenkulutus 7.4.2011 alkaen

Toisesta kaaviosta (Kaavio 2.) voidaan nähdä tarkemmin, miten vettä on kulutettu Sytyttimessä. Päivämäärät, jolloin vedenkulutus on merkitty ylös, vaihtelevat hieman kuukausittain. Sen vuoksi saaduista lukemista laskettiin kesimääräiset päivittäiset kulutukset, jonka mukaan kuukaudelle saatiin tietty kulutus.

Lukemia on vasta reilun vuoden ajalta, mutta voidaan päätellä, että vettä kuluu lomakuukausina eli kesä-, heinä- ja elokuussa vähemmän. Tammikuussakin näkyy hieman suurempi vedenkulutus, mutta sen syystä ei ole tietoa. Lisäksi huhti- ja toukokuussa on vedenkulutus ollut suurempaa. Se saattaa johtua siitä, että Sytyttimessä sijaitsevan Vesi-Instituutin pilottiverkosto on otettu käyttöön maaliskuun lopussa 2012. Hieman yli vuoden mittauksen perusteella voisi olettaa, että normaali kulutus Sytyttimessä on ollut noin 110–120 m³:n luokkaa kuukaudessa. Tosin käyttöön otettu pilottiverkosto saattaa nostaa lukemia jonkin verran. Se nähdään vasta myöhemmissä mittauksissa.



Kaavio 2. Sytyttimen vedenkulutus kuukausittain

Lämpimän käyttöveden kulutus on asuinrakennuksessa yleensä n. 40 %:a kokoverdenkulutuksesta, mutta todennäköisesti toimistorakennuksessa osuus on pienempi mm. sen vuoksi, että työ ei ole niin fyysistä, että se vaatisi esimerkiksi suihkussa käyntiä joka päivä.

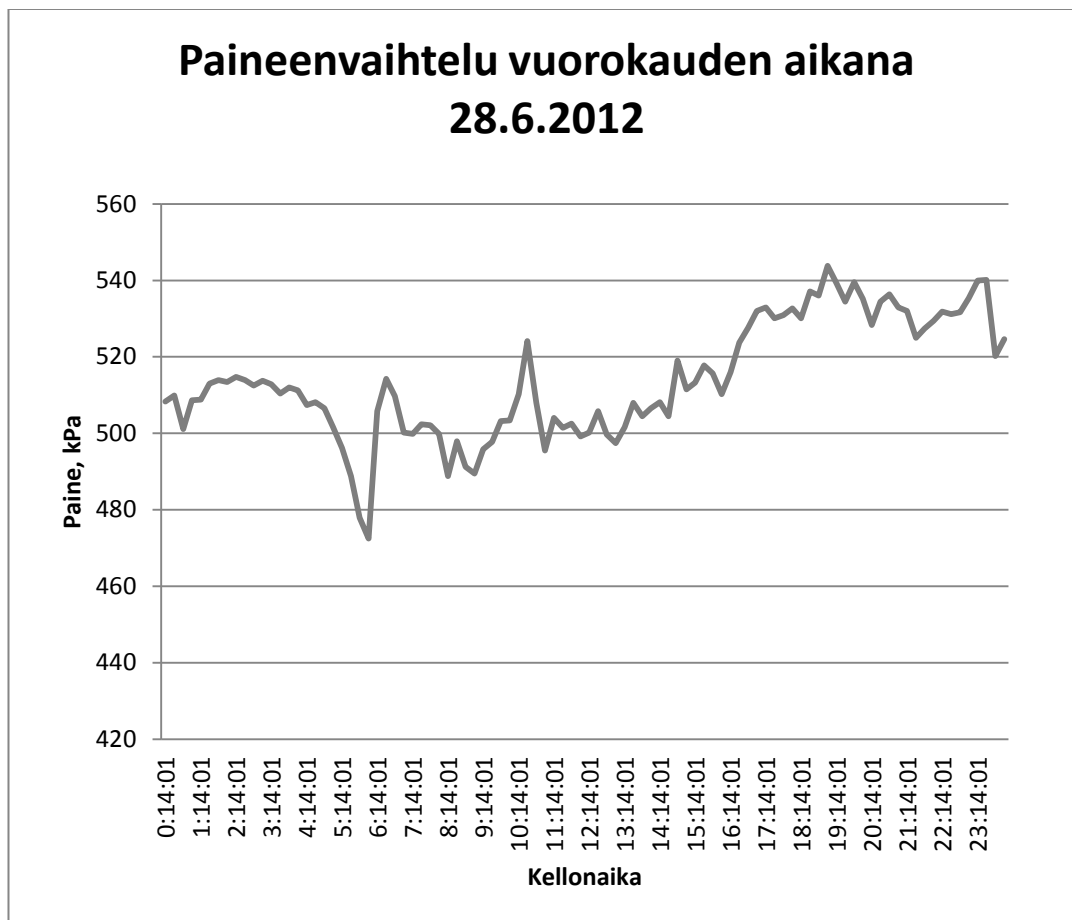
Toimistorakennuksen lämpimän käyttöveden ominaiskulutus on määritetty Motivan internetsivuilla. Siellä sen todetaan olevan sata litraa/bruttoneliometri vuodessa (Motiva 2012). Bruttoneliömetrit määrittävät bruttoalaa ja sillä tarkoitetaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen summaa. Kerrostasokat taas lasketaan rakennuksen ulkoseinien mukaan. Sytyttimen pinta-ala on 7076,5 m² ja huoneistoala 6039 m². Sytyttimen kokoisessa rakennuksessa lämpimän veden kulutus saisi siis olla n. 700 m³/vuosi. Kokonaisvedenkulutus vuoden 2011 kesäkuusta tämän vuoden kesäkuuhun on ollut n. 1375 m³. Jos lämpimän veden kulutukseksi katsotaan 30 %, saadaan lämpimän veden kulutukseksi n. 413 m³. Sytytintä ei kuitenkaan voida tutkia täysin, kuten normaalia toimistorakennusta. Jo pelkkä Vesi-instituutin pilottiverkosto käyttää vettä normaalista poikkeavasti useamman kerran päivässä.

5.2 Sytyttimeen tulevan veden paine

Paineen vaihtelu ei ole veden lämpötilasta kiinni. Loggerilta saatuja tuloksia voidaan tulkita siis kokonaisvaltaisesti. Tuloksista nähdään ensimmäisenä se, miten korkeassa paineessa vesi Sytyttimeen tulee. Paine on suurimman osan aikaa yli 500 kPa. Kuten luvussa neljä on todettu, paineen ollessa yli 500 kPa, tulisi käyttää paineenalennusventtiiliä. Näin Sytyttimessä ei ole tehty. Syynä tähän saattaa olla jo aikaisemminkin mainittu Rauman Vedeltä saatu lukema, joka lupaa Sinkokadulla paineen olevan 45 mvp eli n. 450 kPa.

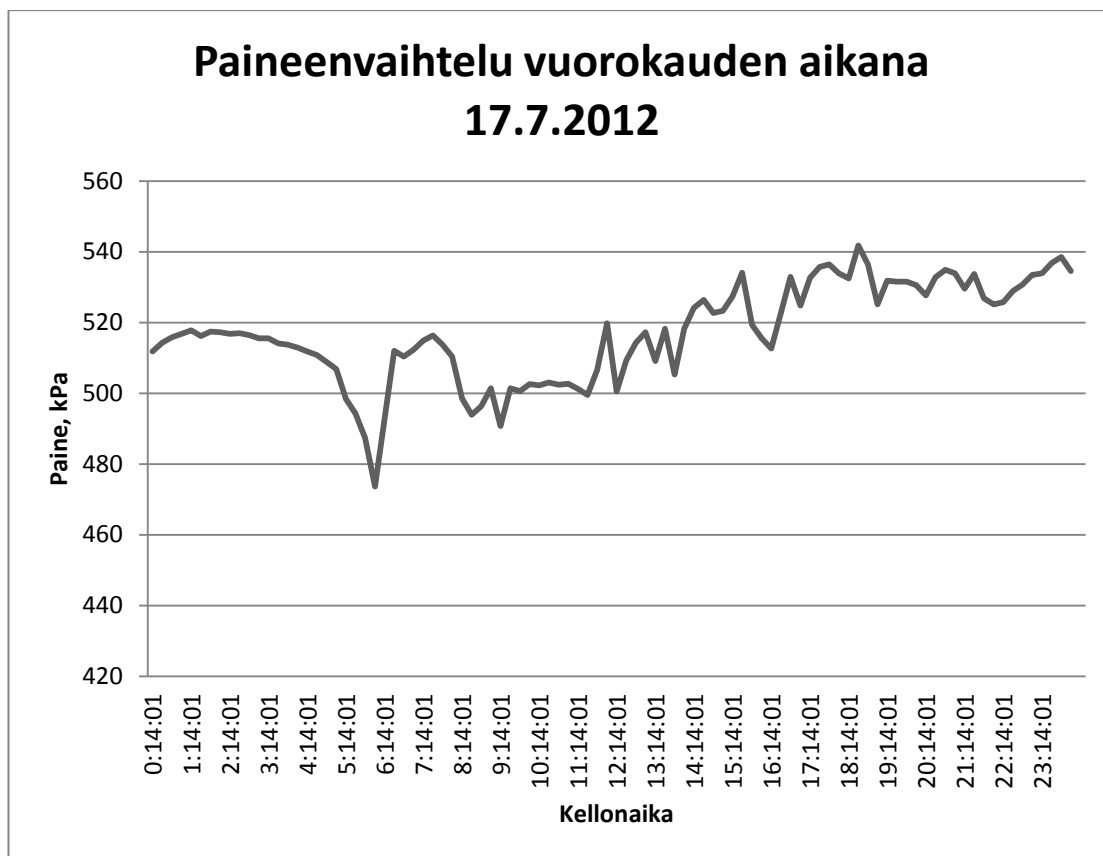
Paine on suurimman osan aikaa Sytyttimen verkostossa kuitenkin yli 500 kPa. Tarkasteltaessa päiväkohtaisia tuloksia, huomataan suurempi piikki paineessa aina hieinan ennen kuutta. Rauman vesilaitos käynnistyy yön kahdeksan tunnin tauon jälkeen kuudelta, joten oletan sen liittyvän siihen. Paineenlaskua ei tapahdu ollenkaan viikonloppuisin. Se viittaa siihen, että viikonloppuisin ei vedenkäyttäjää siihen aikaan aamulla ole niin paljoa kuin arkipäivisin.

Aikaisten arkiamujen lisäksi alle 500 kPa paineita ei ole kovinkaan usein. Aamuisin paine saattaa olla alle 500 kPa aamukahdeksan ja – yhdeksän välillä. Suurimmillaan paine on yli 550 kPa. Kaavioissa 3. nähdään esimerkkipäivä 28.6.2012.



Kaavio 3. Paineenvaihtelu Sytyttimessä 28.6.2012

Toisessa esimerkkipäivässä 17.7.2012 on samankaltaista paineenvaihtelua kuin kaaviossa 3. voidaan nähdä. Kaaviossa 4. tulokset ovat todellisia paineita. Jälleen kuuden maissa sekä 8-9 välillä on Sytyttimeen tulevan veden paine alle 500 kPa:n.



Kaavio 4. Paineenvaihtelu Sytyttimessä 17.7.2012

Molemmissa kaavioissa paineella on siis samankaltainen kulku. Paine laskee aamuun mennessä ja vesilaitoksen käynnistyttyä se taas nousee tietylle tasolle. Nousua voidaan havaita myös ns. virastoajan päätyttyä. Molempina päivinä neljän ja viiden välillä paine nousee.

Vertailuksi ja mielenkiinnosta tarkasteltiin myös viikonlopun aikana tapahtuvaa paineenvaihtelua. Erona arkipäiviin on se, että paine ei laske niin alas kuin viikolla. Vaihtelu ei ole niin suurta. Lisäksi verrattuna arkipäiviin, paine nousee aamulla paljon korkeammaksi heti kuuden jälkeen. Se johtuu siitä, että viikonloppuna ei vedenkäyttö ole samanlaista kuin arkena.

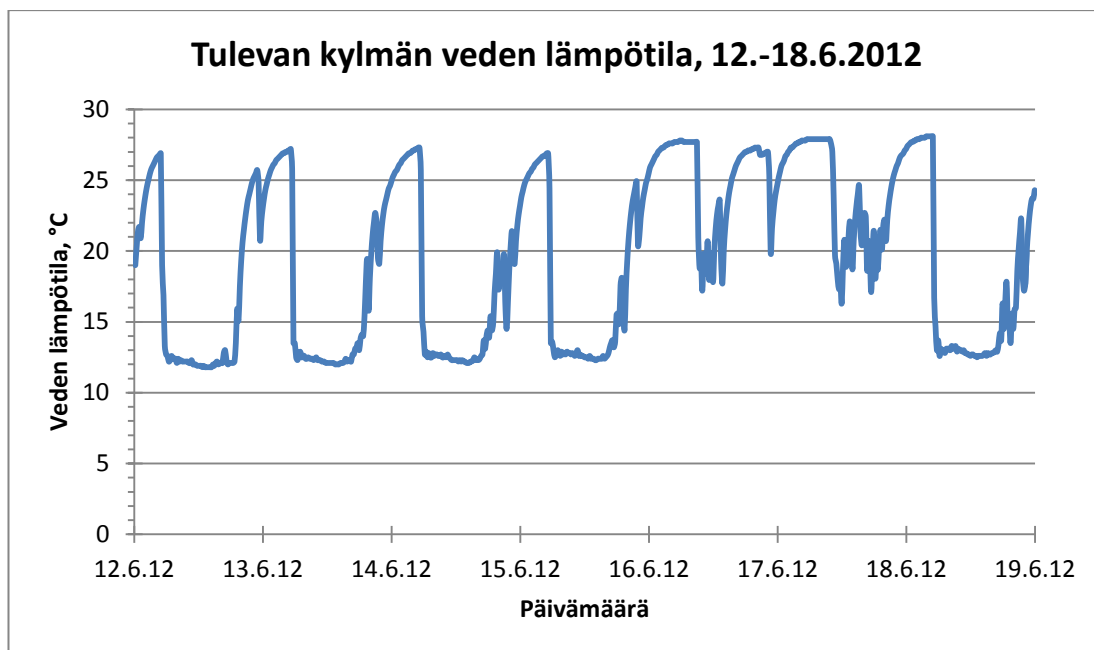


Kaavio 5. Paineenvaihtelu Sytyttimessä 21.7.2012

5.3 Kylmän veden lämpötila

Rauman Veden toimittaman Sytyttimeen tulevan kylmän veden lämpötilaa mitattiin opinnäytetyön aikana vain kesäkuukausina. Tuloksista voidaan nähdä, miten tulevan veden, sekä putkistossa illan ja yön aikana seisovan veden lämpötila muuttuu. Esimerkkiviikkona kaaviossa (Kaavio 6.) on viikko 12.–18.6.2012. Viikko alkaa tiistaina ja loppuu seuraavan viikon maanantaihin.

Mittaustuloksista pystytään näkemään se, mihin lämpötilaan vesi ehtii lämmentä siinä ajassa, kun Sytyttimessä ei ole ketään sitä käyttämässä. Talviolosuhteissa tuleva vesi olisi kylmempää, mutta nyt voidaan vain arvioida sitä, miten paljon se esim. tammi-kuun kylminä kuukausina putkessa illan ja yön aikana lämpenee.

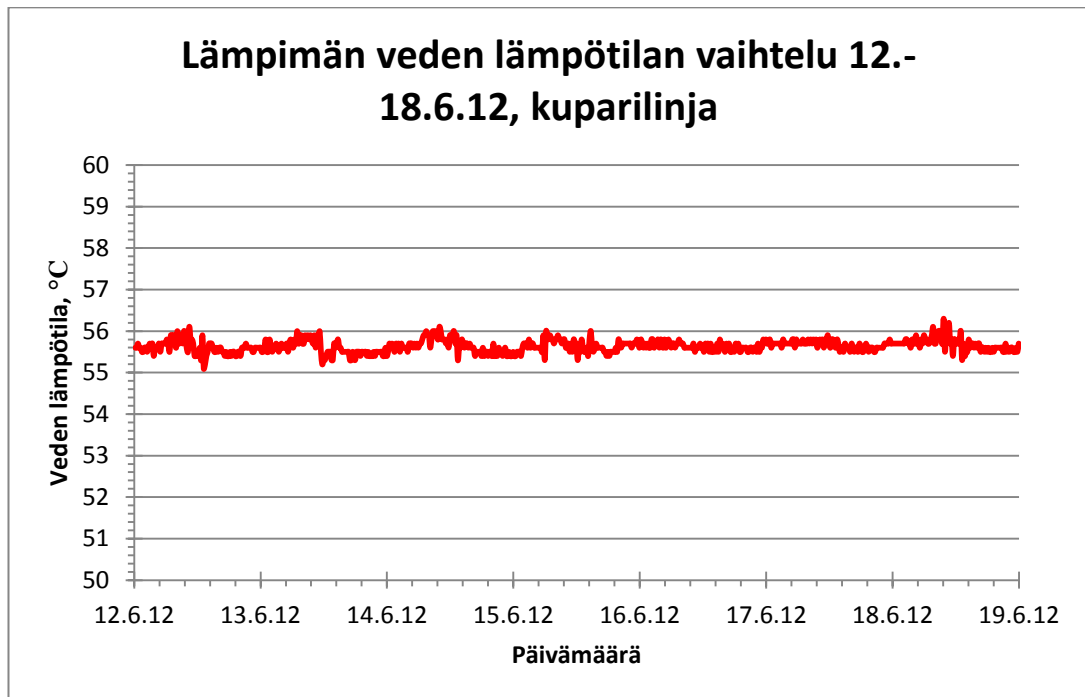


Kaavio 6. Sytyttimessä tulevan kylmän veden lämpötila

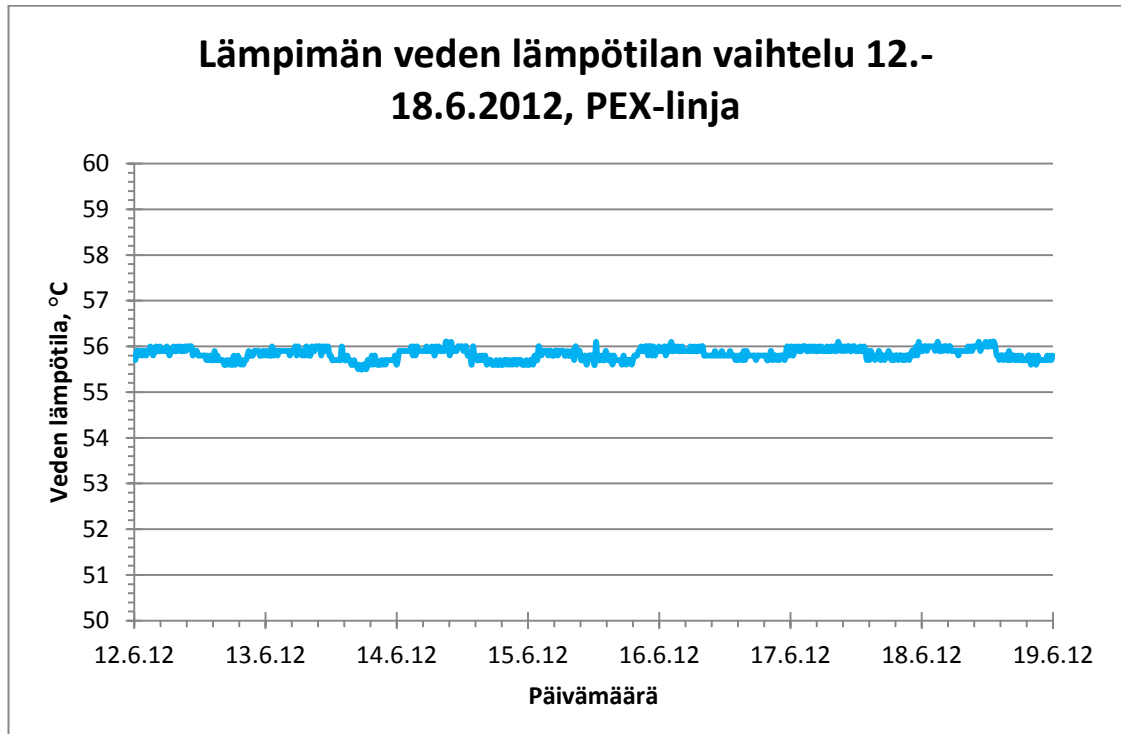
Kaaviosta nähdään, että kylmä vesi on kesäkuussa Sytyttimessä tullessaan n. 12-asteista. Öiseen aikaan vesi on ehtinyt lämmetä putkistossa n. 26–27-asteiseksi. Mitä pidemmälle kesää edetään sitä lämpimämpää vettä verkostosta jo alun perin saadaan. Elokuun alussa tuleva vesi on ollut jo yli 16-asteista. Se lämpenee myös putkistossa yli 28-asteiseksi öiden aikana.

5.4 Lämpimän veden sekä kiertoveden lämpötilat verkostossa

Kupari- ja PEX-verkostossa tehtiin opinnäytetyöhön liittyviä mittauksia Sytyttimessä 11.6.2012 alkaen. Mittauspisteet eivät olleet aivan optimaaliset, koska ne sijaitsivat n. 20 cm putkea eteenpäin automaatiojärjestelmän mittauspisteestä. Automaatio säättää lähtevää arvoa molemmissa putkistoissa 58 asteeksi. Automaatiosta katsottiin tietyn hetken veden lämpötilatieto, jota verrattiin loggerin antamaan tietoon. Tulos heitti loggerin antamasta mittaustuloksesta kuparin kohdalla reilut kolme astetta ja PEX-muovin kohdalla reilut kaksi astetta. Kiertoveden lämpötilalle ei ole mittausta automaatiojärjestelmässä ja jäähtymä kupariverkostossa on mittausten mukaan n. 4,2 °C ja PEX-verkostossa n. 5,4 °C. Vaikka loggerilta saatavat lämpötilat eivät olisikaan aivan oikeita, voidaan kuitenkin niitä verrata keskenään. Seuraavissa kaavioissa (Kaavio 7. ja 8.) nähdään lämpötilojen vaihtelu esimerkkiviikon aikana.



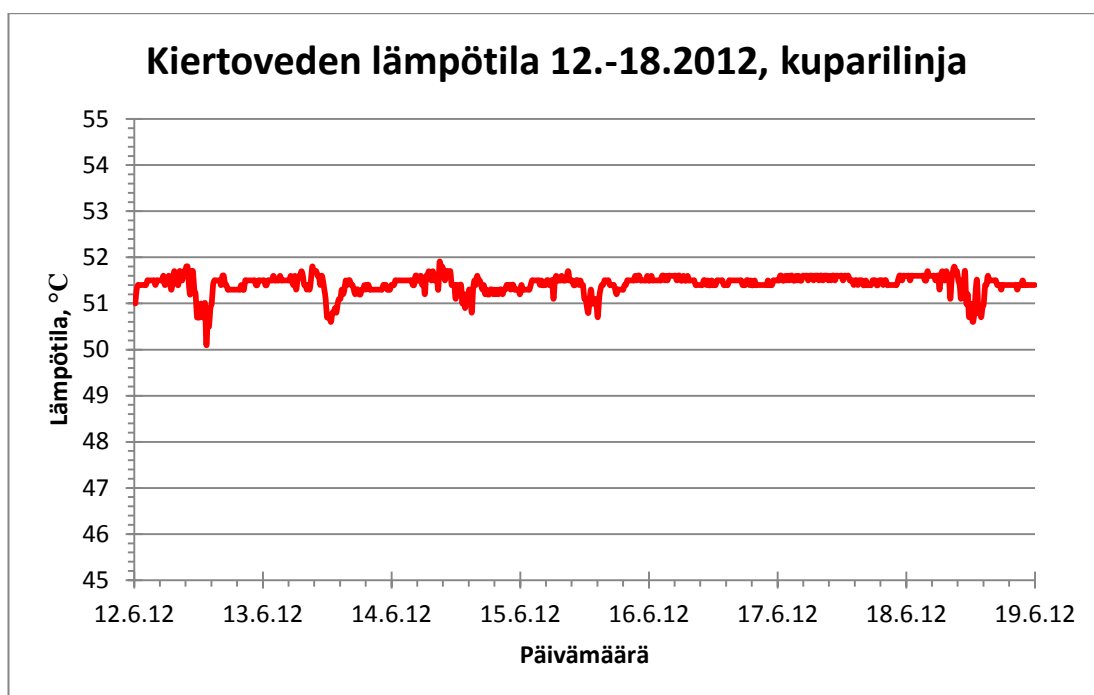
Kaavio 7. Veden lämpötilan vaihtelu Sytyttimen kuparilinjassa



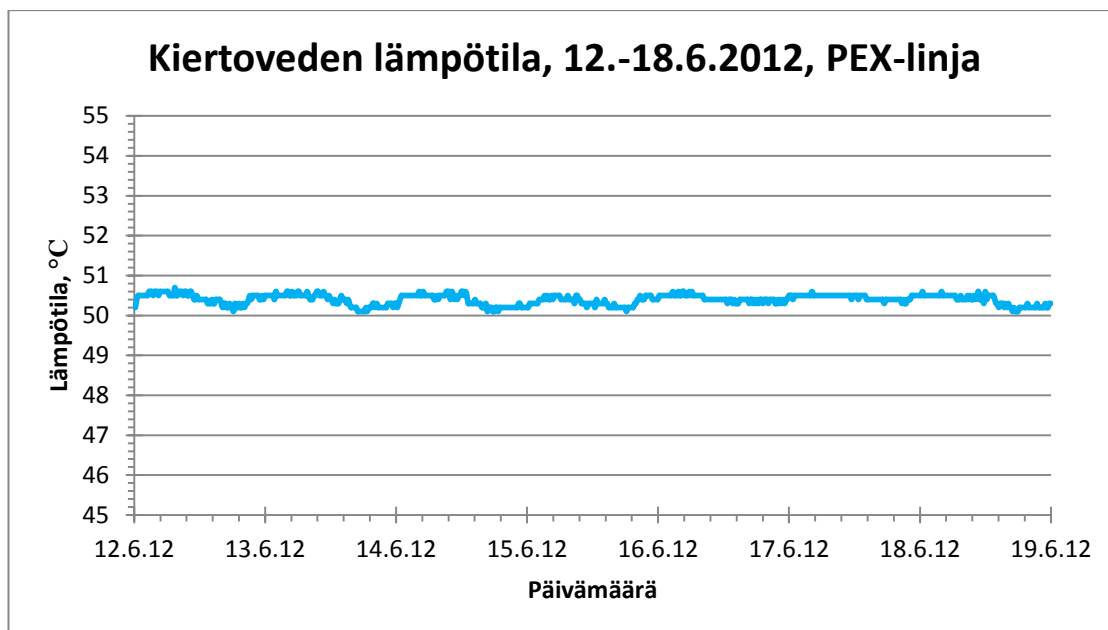
Kaavio 8. Veden lämpötilan vaihtelu Sytyttimen PEX-linjassa

Kun tarkastellaan kaavioita sen suhteen, miten paljon veden lämpötila vaihtelee, huomataan, että mittausten mukaan kupari reagoi nopeammin ja jyrkemmin veden lämpötilojen muutoksiin. PEX-putken pintalämpötila pysyy taas mittaustulosten mukaan tasaisempuna koko ajan. Eroavaisuudet johtuvat kuitenkin putken materiaalista. Mittauspisteet sijaitsevat putken ulkopinnalla ja kuparilla lämpötilavaihtelu tuntuu nopeammin putken pinnassa. Todellisuudessa veden lämpötila putkistossa vaihtelee todennäköisesti samalla tavalla molemmilla materiaaleilla. Kaavioista nähdään kuitenkin hyvin se, että lämpötilan vaihtelu on hyvin vähäistä. Käyttövesiverkostoon lähtevän veden lämpötila vaihtelee mittausten aikana vain asteen verran koko esimerkkiviikon aikana.

Kiertoveden lämpötilavaihtelu on myös aika pientä, kuten kaavioista 9. ja 10. voidaan todeta.



Kaavio 9. Kiertoveden lämpötila kuparilinjassa



Kaavio 10. Kiertoveden lämpötilä PEX-linjassa

5.5 Veden tilavuusvirta vesikalusteittain

Vedenkulutus Sytyttimessä on ollut sen käyttöaikana suhteellisen tasaista, kuten luvun 5.1.2 kuvat kertovat. Työssä haluttiin mitata, miten suuri tilavuusvirta vesikalusteissa on. Mittaukset tehtiin samoin joka hanalla, joten toisiinsa nähden ne ovat vertailukelpoisia. Vesikalusteiden tilavuusvirtoja mitattiin suurimmaksi osaksi heinäkuussa, 18.7, jolloin talossa oli aika hiljaista. Yhden rakennuksen osan tilavuusvirrat mitattiin elokuussa, 2.8, koska lomien vuoksi niitä ei päästy mittaamaan samana päivänä kuin muita hanoja. Kaikki teknologiatalon hanat testattiin mahdollisuuksien mukaan sekä kylmän että lämpimän veden osalta. Tämä ei tietenkään onnistunut kosketusvapaiden hanojen kohdalla, joten niistä mitattiin virtaama vain sen lämpöisellä vedellä, mitä hanasta sattui tulemaan.

Sytyttimessä on käytössä kahdeksan erityyppistä hanaa. Hanoja rakennuksessa on yhteensä n. 90, joista ekohanojen osuus on 50 hanaa. Hanojen joukossa on 11 kosketusvapaata hanaa, joiden virtaamaa pystytään halutessa rajoittamaan. WC-tiloihin tarkoitetuilla Oras Cubista 2816F-hanoilla mahdollinen virtausrajoitus 0,1 l/s ja Oras Electra 6205-hanoilla rajoitus on 0,11 l/s (Oras 2012).

Vesilaitteistoa mitoitettaessa käytetään taulukossa 17. nähtäviä normivirtaamia eri vesikalusteille. Vesikalusteen virtaama saa olla paineolosuhteista riippuen $0,70 q_N \leq q \leq 1,50 q_N$. Eli tämä tarkoittaa 70 % -150 % normivirtaamasta.

Taulukko 17. Vesikalusteiden normivirtaama (Motiva 2012)

Vesipiste	Normivirtaama q_N dm^3/s	
	Kylmä vesi	Lämmin vesi
Astianpesuallashana	0,2	0,2
Pesuallashana	0,1	0,1
Suihkuhana	0,2	0,2

5.5.1 Suihkutilojen hanat

Kaikissa teknologiatalo Sytyttimen suihkuissa on samanlaiset hanat. Hana on Oras Optima 7149 (Kuva 11.) Suihkuja oli suhteellisen vaikea mitata, koska käytössä mitauksissa oli sama n. kolmen litran ämpäri, kuin pesuallashanoissakin. Tulokset vaihtelivatkin suihkuittain jonkin verran keskenään sekä kylmän ja lämpimän veden suhteen. Pääosin kuitenkin virtaamat ovat hyviä, ehkä hieman liiankin hyviä. Kuten taulukosta 18. nähdään, vaihteluväli kylmän veden puolella oli 128–175 % normivirtaamasta ja kuuman veden puolella 136–178 %:a normivirtaamasta, joka suihkun kohdalla on siis 0,2 l/s. Suihkuhanat on kaikki varustettu ekonapilla, joten se rohkaisee käyttämään suihkua pienemmällä virtaamalla. Suihkussa käydessä on kuitenkin mahdollisuus kuluttaa vettä huomattavan paljon, jos unohdetaan ekonapin käyttö.



Kuva 11. Oras 7149 (Oras 2012)

Taulukko 18. Suihkuhanojen virtaamat

Tila	Kylmä vesi			Kuuma vesi		
	Tilavuusvirta, l/s	vrt. normivirtaama	Hana	Tilavuusvirta, l/s	vrt. normivirtaama	Materiaali
D010,S	0,33	164 %	7149	0,27	136 %	cu
D009,S	0,26	129 %	7149	0,30	150 %	cu
D008,S	0,28	142 %	7149	0,36	178 %	cu
D007,S	0,27	133 %	7149	0,34	172 %	cu
D006,S	0,35	175 %	7149	0,35	175 %	cu
D001,S	0,35	175 %	7149	0,32	162 %	cu
E119,S	0,36	169 %	7149	ei mitattu		cu

5.5.2 Astianpesuallashanat

Sytyttimen toimistojen keittiöissä sekä ravintolassa on käytössä kaksi erilaista hanaa. Oras Vega 1825 (Kuva 12.) ja Oras Cubista 1839F (Kuva 13.) Oras Vega on varustettu ekonapilla, mutta Cubistaa ei ole.



Kuva 12. Oras Vega (1825) (Oras 2012)



Kuva 13. Oras Cubista (2839F) (Oras 2012)

Mittaustuloksista (Taulukko 19.) nähdään hanojen erot täysillä virtaamilla sekä lämpimällä, että kylmällä vedellä. Virtaus vaihtelee kylmällä vedellä 99 %:sta 165 %:iin ja kuumalla vedellä 104 %:sta 165 %:iin. Ekohanojen virtaamat ovat yhtä lukuun ottamatta suurempia kuin normaalien hanojen. Ja taas normaaleista yksi hana on ylitse muiden. Pääosin ekohanoista saadaan kuitenkin suurempia virtaamia, kuin normaaleista hanoista. Materiaalilla on jonkin verran vaikutusta, koska parhaat virtaamat saadaan hanasta, joka on kupariputkistossa ja huonoin hanasta, joka on PEX-putkistossa.

Taulukko 19. Keittiöhanojen virtaamat

Tila	Kylmä vesi			Kuuma vesi		
	Tilavuus- virta, l/s	vrt. normi- virtaama	Hana	Tilavuus- virta, l/s	vrt. normi- virtaama	Materi- aali
H101, K	0,26	132 %	1825	0,28	138 %	cu
G130, K	0,33	165 %	1825	0,32	160 %	cu
E003, K	0,32	160 %	1825	0,33	165 %	cu
G109, K	0,33	165 %	1825	0,31	155 %	cu
E102, K	0,20	100 %	2839F	0,20	102 %	PEX
D115, K	0,21	106 %	1825	0,22	110 %	PEX
C120, K	0,24	122 %	2839F	0,25	124 %	PEX
C117, K	0,22	109 %	2839F	0,22	111 %	PEX
B127, K	0,21	107 %	2839F	0,22	108 %	PEX
H201, K	0,25	125 %	1825	0,27	136 %	cu
G239, K	0,28	139 %	1825	0,28	142 %	cu
G230, K	0,28	139 %	1825	0,27	137 %	cu
F225, K	0,21	105 %	2839F	0,21	106 %	cu
F220, K	0,27	136 %	1825	0,28	138 %	PEX
B227, K	0,20	99 %	2839F	0,21	104 %	PEX

5.5.3 Pesuallashanat

Sytyttimessä on ravintolan yhteydessä yleiset WC-tilat. Näissä WC-tiloissa on yksittäisissä ovellisissa kopeissa hanana Oras Cubista 2816F (Kuva 14.), joka on kosketusvapaa hana. Näistä hanoista ei yksi hana toiminut ollenkaan. Mittaukset tehtiin haalealla vedellä, koska en huomannut hanassa olevaa lämmönsäätökahvaa. Virtaukset olivat 67–72 % normivirtaamasta, mikä oli kaikista Sytyttimen hanoista pienin virtaama.

Oras Cubista-hanoissa veden tilavuusvirta oli keskimäärin 0,07 l/s. Se johtuu siitä, että hanoissa on tiukemmin rajoittavat poresuuttimet. Niiden kanssa virtaaman pitäisi olla n. 4 l/min. Virtausta on rajoitettu verkoston suuren paineen vuoksi (Jäpölä sähköposti 27.8.2012).



Kuva 14. WC: Oras Cubista (2816F) (Oras 2012)

Käsienpesu yleisissä WC-tiloissa hoituu muuten hanalla Oras Cubista 2801 (Kuva 15.). Näiden hanojen virtaamat vaihtelivat kylmällä vedellä 180–207 % ja lämpimällä vedellä 182–205 %. Näistä hanoista tulee huomattavasti enemmän vettä kuin olisi tarpeen. Sen huomaa myös käytössä, koska hanan ollessa täysillä, vesi roiskuu yli lavuaarin.



Kuva 15. WC, Oras Cubista (2801) (Oras 2012)

Näiden lisäksi toimistojen yhteydessä on WC-tiloja, sekä inva-WC-tiloja. Inva-WC-tilojen hanat ovat kosketusvapaita Oras Electra 6205 (Kuva 16.) hanoja. Näiden hanojen virtaamat ovat 97–112 % sen lämpöisellä vedellä, mitä hanasta tulee.



Kuva 16. Inva-WC-tiloissa Oras Electra (6205) (Oras 2012)

Taulukko 20. Kosketusvapaiden hanojen virtaamat

Haalea vesi				
Tila	Tilavuusvirta, l/s	vrt. normivir- taama	Hana	Materiaali
F122, P	0,11	112 %	6205	cu
E125, P	0,07	70 %	2816F	PEX
E125, P	0,07	71 %	2816F	PEX
E125, P	0,00	0 %	2816F	PEX
E126, P	0,07	68 %	2816F	PEX
E126, P	0,07	70 %	2816F	PEX
E126, P	0,07	72 %	2816F	PEX
E130, P	0,11	108 %	6205	PEX
B129, P	0,11	106 %	6205	PEX
E228, P	0,10	103 %	6205	PEX
B230, P	0,10	98 %	6205	PEX

Toimistotilojen WC-tiloissa on vaihtelevasti käytössä ekonapillinen Oras Vega 1812 tai bidee-suihkulla varustettu Oras Cubista 2802 (Kuva 17. bideesuihkulla varustetuna). WC-hanojen virtaamat ovat suuria. Yhtä hanaa lukuun ottamatta hanojen virtaamat ovat kylmän veden puolella 144–182 % normivirtaamasta ja lämpimällä puolella ihan samaa luokkaa. Ainoan poikkeavan hanan virtaama on sadan prosentin paikkeilla. Toisen kerroksen molempien päiden kauimmaisistakin hanoista tulee yli 150 %:a normivirtaamasta. Toimistotilojen pesuallashanojen virtaamat nähdään liitteessä 1.



Kuva 17. WC-tiloissa Oras Vega (1812) (Oras 2012)

5.5.4 Siivouskomeroiden hanat

Sytyttimen siivouskeskus sijaitsee kellarikerroksessa. Lisäksi siivouskomoita on toimistotilojen ja usein WC-tilojen yhteydessä. Siivoustiloissa on käytössä kahdenlaista hanaa, tosin vain yksi hana on erilainen. Suurin osa hanoista on Oras Safira 1077, aputilahanoja. Yksi poikkeava hana on Oras Safira 1076, jossa ei ole varsinaista hanaosaa ollenkaan. Sen normivirtaama on 0,2 l/s, kun muiden hanojen normivirtaama on 0,1 l/s (Oras 2012).

Siivouskomeroiden ja –keskuksen virtaamat vaihtelivat kylmällä vedellä yhtä hanaa lukuun ottamatta n. 160 %:sta lähes 185 prosenttiin normivirtaamasta. Lämpimällä vedellä vaihteluväli oli vähän alle 150 %:sta lähes 180 %:iin. Hanojen joukossa oli yksi poikkeuksellinen hana. Hanan virtaama oli 97 %:n luokkaa. Sytyttimen siivooja mainitsikin, että tästä hanasta, joka sijaitsee toimistohotellissa, tulee kaikkein huonoimmalla paineella vettä. Sen huomattiin myös mittauksia tehdessä. Vaikka virtaus on hyvin vielä sallittujen rajojen sisäpuolella, on mahdollista, että hanassa tai putkessa on jotain vikaa. Huonoin pesuallashana sijaitsee tämän hanan viereisessä WC-tilassa.

Hanasta, jonka normivirtaama oli 0,2 l/s, tuli vettä hieman yli 120 % sekä kylmää, että lämmintä vettä. Muiden hanojen normivirtaama (0,1 l/s) on aika pieni ajatellen sitä, että niitä käytetään mm. ämpäreiden täyttämiseen jne. missä virtausta saisi olla vähän enemmänkin. Toisaalta Sytyttimessä on verkostossa sen verran painetta, että kyllä hanoista tarpeeksi vettä saadaan



Kuva 18. Siivouskomoissa Oras Safira (1077) (Oras 2012)

6 ENERGIANKULUTUS RAKENNUKSESSA

6.1 Kaukolämpö

Kaukolämpölukemia merkittiin ylös rakennusautomaatiojärjestelmästä 18.7.2012. Sytytin oli siihen päivään mennessä ollut käytössä n. vuoden ja kolme kuukautta. Isännöitsijä kehotti tarkastelemaan tuloksia paremmin vain viimeisen vuoden ajalta, koska alku oli ollut vielä hieman erityistä energiankulutuksen suhteen. Rakentamisen viimeistely oli käynnissä ja kaikki tilat eivät olleet olleet vielä huhtikuusta 2011 käytössä.

Lukemat katsottiin vuoden 2011 heinäkuun alusta vuoden 2012 kesäkuun loppuun. Rakennuksen normalisoitu energiankulutus vuoden ajalta oli noin 619 MWh. Normalisoidulla energiankulutuksella tarkoitetaan sitä, että sen avulla voidaan verrata rakennuksen lämmitysenergiakulutusta eri vuosina. Kulutuksen voi normeerata joko oman paikkakunnan vertailupaikkakuntaan tai koko Suomen vertailupaikkakuntaan, joka on Jyväskylä (Motiva 2012).

6.2 Käyttöveden lämmitykseen tarvittava energia

Sytyttimessä haluttiin tutkia, kuinka paljon lämpöenergiaa on mennyt lämpimän veden lämmittämiseen. Jotta saataisiin tietoa siitä, on se laskettava seuraavaa kaavaa käyttäen (Suomen rakennusmääräyskokoelma, D5, 2007).

$$\Phi_{\text{lkv, netto}} = \rho_v * c_{pv} * V_{\text{lkv}} * (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}) / 3600 \quad (1)$$

jossa

$\Phi_{\text{lkv, netto}}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiatarve, kWh
ρ_v	veden tiheys, 1000 kg/m ³
c_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK
V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C

T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

Saatu tulos sisältää käyttöveden lämmityksen kylmästä vedestä lämpimään. Kaava ei ota huomioon lämmityslaitteen, varaajan tai putkiston lämpöhäviöenergiaa. Lämpötilaerona ($T_{lkv} - T_{kv}$) käytetään arvoa 50 °C, jos ei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja.

Asuinalossa lämpimän käyttöveden kulutus on n. 40 % kokonaisvedenkulutuksesta. Toimistorakennuksen vedenkulutus ei todennäköisesti ole niin iso. Voidaan ajatella sen johtuvan esimerkiksi siitä, että suihkuja ei käytetä yhtä paljon kuin asuinrakennuksissa. Syyttimen etäluettavat vesimittarit ovat olleet käytössä helmikuusta 2012 ja niiden vesimittarilukemien perusteella arvioitiin karkeasti, mikä lämpimän veden kulutus on ollut verrattuna kylmään veteen. Tulokset ovat n. 30 %:n luokkaa. Tarkempia tuloksia saadaan vielä tulevaisuudessa, kun päävesimittaristakin saadaan kulutuslukemia jokaiselta päivältä. Tähänastisista mittauksista nähdään vain se, että jonnain kuukautena kulutus on ollut hieman enemmän kuin 30 %:a ja toisena kuukaute-na aika paljonkin vähemmän. Esimerkiksi alle 20 %:a. Laskussa käytetään kuitenkin 30 %:a. Syyttimen koko vedenkulutus oli vuoden aikana 1375 m³, joten 30 % tästä olisi 413 m³. Lukujen perusteella voidaan kaavaa (1) käyttäen laskea lämpimän veden lämmittämiseen kulunut energia.

$$\begin{aligned}
 \Phi_{lkv, netto} &= \rho_v * c_{pv} * V_{lkv} * (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600 \\
 &= 1000 \text{ kg/m}^3 * 4,2 \text{ kJ/kgK} * 413 \text{ m}^3 * 50 \text{ °C} / 3600 \\
 &= 24092 \text{ kWh} = 24,1 \text{ MWh}.
 \end{aligned}$$

Saatu tulos 24,1 MWh on n. 4 % kaukolämmön kokonaiskulutuksesta, joka samana ajanjaksona oli 618,7 MWh. Osuus on suhteellisen pieni kun tarkastellaan rakennuksessa kuluvaa kaukolämpöenergiaa.

6.3 Kiertojohdon lämpöhäviöt

6.3.1 Lämpöhäviöt lämpötilojen mukaan

Sytyttimestä haluttiin saada selville käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia, yksi tapa on laskea se seuraavalla kaavalla (Suomen RakMK D5 2007):

$$Q_{\text{lkv,kiertohäviö}} = \rho_v * c_{pv} * q_{v,\text{lkv,kierto}} * (T_{\text{lkv}} - T_{\text{lkv,kierto,paluu}}) * \Delta t \quad (2)$$

jossa

$Q_{\text{lkv,kiertohäviö}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia, kWh
$q_{v,\text{lkv,kierto}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon mitoitusvesivirta, m ³ /s
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{\text{lkv,kierto,paluu}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon paluuveden lämpötila,
Δt	ajanjakson pituus, h

Sytyttimessä mitattiin lämpimän veden ja kiertoveden lämpötilaa. Kuparilla lämpötilaeroksi saatiin keskimäärin 4,2 °C. PEX-putkistossa lämpötilaero lämpimän ja kiertoveden välillä oli keskimäärin 5,4 °C. Kaavaan tarvitaan lisäksi kiertoveden mitoitusvesivirta. Sytyttimen kiertovesiputkissa mitoitusvesivirrat oli määritelty kuparilinjassa 0,13 l/s ja PEX-linjassa 0,1 l/s. Kiertoveden virtaama pystyttiin kuitenkin laskemaan etäluettavien vesimittareiden lukemista tarkemmin. Niistä laskettuna kuparille sekä PEX-putkelle kiertoveden virtaamaksi saatiin 0,15 l/s. Saatujen virtausten perusteella pystytään laskemaan lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia. Ajanjaksona käytettiin vuotta eli 8760 h.

Kupariputkessa:

$$\begin{aligned} Q_{\text{lkv,kiertohäviö}} &= \rho_v * c_{pv} * q_{v,\text{lkv,kierto}} * (T_{\text{lkv}} - T_{\text{lkv,kierto,paluu}}) * \Delta t \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 * 4,2 \text{ kJ/kgK} * 0,00015 \text{ m}^3/\text{s} * 4,2 \text{ °C} * 8760 \text{ h} \\ &= 23178,96 \text{ kWh} = 23,2 \text{ MWh} \end{aligned}$$

PEX-putkessa:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{lkv,kiertohäviö}} &= \rho_v * c_{pv} * q_{v,\text{lkv,kierto}} * (T_{\text{lkv}} - T_{\text{lkv,kierto,paluu}}) * \Delta t \\
 &= 1000 \text{ kg/m}^3 * 4,2 \text{ kJ/kgK} * 0,00015 \text{ m}^3/\text{s} * 5,4 \text{ }^\circ\text{C} * 8760 \text{ h} \\
 &= 29801,52 \text{ kWh} = 29,8 \text{ MWh}
 \end{aligned}$$

Jos laskennassa käytettäisiin arvoja, jotka on mitoitusvesivirraksi määrätty, eli 0,13 m/s ja 0,1 m/s, saataisiin lämpöhäviöitä molemmille suunnilleen sama määrä, koska veden jäähtymä olisi suurempi.

6.3.2 Lämpöhäviöt putkipituuksien mukaan

Jotta pystyttäisiin edes suurin piirtein vertailemaan Sytyttimen eri materiaalista olevia putkistoja ja niiden lämpöhäviöitä keskenään, on tiedettävä kuinka paljon Sytyttimessä on PEX-linjaa ja kuinka paljon kuparilinjaa. Suunnittelutietojen mukaan eristettyä putkea on seuraavasti: Kupariputkea n. 326 m ja PEX-putkea n. 280 m (Elomatic Oy 2012). Rakennuksen suunnittelutiedoista nähdään myös kuinka paljon erikoista eristettyä putkea rakennuksessa on. Se nähdään alla olevissa taulukoissa (Taulukko 21.–22.) Niiden tietojen ja Parocin taulukoiden perusteella pystytään laskemaan suoran putken lämpöhäviöt rakennuksessa.

Taulukko 21. Suoran kupariputken lämpöhäviöt vuodessa

Putken ulkohalk.	Eristesarja	Eristepaksuus	Putken pituus	Putken lämpöhäviö	Kokonais- lämpöhäviö
mm		mm	m	W/m	W
10	24	50	99,6	2,9	288,84
12	24	50	41,5	3,1	128,65
15	24	50	12,7	3,4	43,18
18	24	50	58,3	3,7	215,71
22	24	50	84,1	4,1	344,81
28	24	50	17,8	4,6	81,88
35	24	50	11,7	5,1	59,67
Lämpöhäviö kupariputkella yhteensä:					1162,74
Lämpöhäviöt vuoden (8760h) aikana, MWh:					10,19

Taulukko 22. Suoran PVC-putken lämpöhäviöt vuodessa

Putken ulkohalk.	Eristesarja	Eristepaksuus	Putken pituus	Putken lämpöhäviö	Kokonais- lämpöhäviö
mm		mm	m	W/m	W
12	24	50	114,4	2,8	320,32
15	24	50	11,9	3,1	36,89
18	24	50	12,4	3,2	39,68
22	24	50	99,1	3,5	346,85
28	24	50	20,1	3,6	72,36
32	24	50	22,2	3,6	79,92
Lämpöhäviö PEX-putkella yhteensä:					896,02
Lämpöhäviöt vuoden (8760h) aikana, MWh:					7,85

Putkipituuksien mukaan lasketut lämpöhäviöt ovat siis kupariputkella 10,19 MWh/a ja PEX-putkella 7,85 MWh/a. Lämpöhäviöt on laskettu suorien putkipituuksien mukaan. Loput lämpöhäviöistä tulevat esim. mutkista ja vesikalusteille vievistä putkien osista, joita ei ole eristetty.

Sytyttimessä lämpöhäviöitä PEX-putkelle syntyy suhteellisen paljon muualla kuin suorilla putkiosuksilla, koska yhteensä lämpöhäviöitä laskelmien mukaan oli melkein 30 MWh. Suhteessa kupariin lämpöhäviöitä tulee paljon enemmän. Kuparilla suoran putken lämpöhäviöt ovat isommat ja kun PEX-putkella lämpöhäviöt nelinker- taistuvat muualla verkostossa, niin kuparilla ne vain tuplaantuvat. PEX-linjassa lämpöhäviöihin vaikuttavat mm. eristämättömät jakotukit, jotka aiheuttavat lisää lämpöhäviöitä verrattuna kupariin. Lisäksi Sytyttimessä käytössä olevat eristämättömät putkikeräimet aiheuttavat lisää lämpöhäviöitä.

Jos mietitään vielä Sytyttimen kohdalla, miten paljon 50 mm eristepaksuuden kasvattaminen esim. 10 mm:llä eristepaksuuteen 60 mm vaikuttaa todellisilla putken halkaisijoilla, se vaikuttaisi juurikin näissä edellä lasketuissa osissa. Ja tietysti mutkissa, mutta vesikalusteiden ja jakotukkien yhteydessä syntyvät lämpöhäviöt olisivat edelleen samat. Luvussa 2.5.5 esitettyjen taulukoiden perusteella tulokseksi saadaan, että säästöä energiassa kupariputkella saataisiin n. 0,6 MWh ja PEX-putkella säästö olisi 0,5 MWh. Säästö vuodessa olisi yhteensä vain yhden megawatin suuruinen, joten 10 mm eristyslisäyksen merkitys suoralla putkella olisi mitätön.

Jos halutaan tietää, miten paljon eristys vaikuttaa kustannuksiin, voidaan käyttää siihen apuna Parocin eristeiden hintataulukoita. Lasketaan kuinka paljon vähemmän maksaisi eristää putket 40 mm eristepaksuudella kuin 50 mm:n. 50 mm:n eristeissä ei ole hintaa alle 22 mm paksulle putken eristeelle, joten 22 mm halkaisijaltaan olevan putken hintaa käytettiin myös kaikissa sitä pienemmissä putkissa.

Kuparilinjassa 50 mm:n eristepaksuus suoralla putkella maksaisi n. 2290 €, kun 40 mm:n paksuudella hinta olisi 1575 €. Säästöä tulisi eristyksestä siis 715 €, jos tekisi ohuemman eristyksen tai toiseen suuntaan paksumman eristyksen. Paksumpi eristys säästäisi 1,1 MWh vuodessa, eli Rauman energian kaukolämmön hinnan 45,22 € mukaan, säästöä tulisi vuoden aikana n. 50 €. Eristys maksaisi itsensä takaisin reilun 14 vuoden aikana. Edellisistä voidaan päätellä, että eristyspaksuudella suuntaan tai toiseen on hyvin pieni merkitys kokonaisuuden kannalta. Toisaalta paksummat eristeet tarvitsevat enemmän tilaa ja se saattaa aiheuttaa lisäkustannuksia.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Saatujen mittaustulosten perusteella on Teknologiatalo Sytyttimeen tulevan veden paine lukuun ottamatta arkiaamujen piikkejä, jotka johtuvat Rauman vesilaitoksen käynnistymisestä, suurimman osan aikaa yli 500 kPa. Sytyttimeen olisi näiden mitattujen tulosten perusteella pitänyt suunnitella ja asentaa paineenalennusventtiili rakentamismääräyskokoelman osan D1 vesilaitteiston mitoitusohjeiden mukaisesti.

Suuri paine vesijohtoverkostossa johtaa siihen, että vettä tulee vesilaitteista paljon suuremmalla virtaamalla, mitä olisi tarpeen. Sytyttimessä joissain hanoissa virtaus on yli 200 %, kun maksimi saisi olla 150 % normivirtaamaan verrattuna. Se taas johtaa väistämättä siihen, että vettä kulutetaan myös enemmän. Ekohanat auttavat vähentämään vedenkulutusta, mutta rakennuksessa vain osa hanoista on ekohanoja. Käyttäjät tietenkin ovat vastuussa omista käyttötottumuksistaan ja ihmiset käyttävät vettä hyvinkin paljon eri tavoilla.

Kova painetaso putkistossa saattaa aiheuttaa ääniongelmia. Liian suuri virtausnopeus taas johtaa mm. siihen, että kupariputkella se saa aikaan eroosiokorroosiota. Eroosiokorroosiolla tarkoitetaan sitä, että virtausnopeuden ollessa liian suuri, virtaus estää suojakalvon muodostumista tai kuluttaa suojaavan oksidikerroksen pois ja näin lisää korroosion vaaraa (Wikipedia 2012). Eroosiokorroosio ei tietenkään ole toivotavaa, kun putkien toivotaan kestävän useita vuosikymmeniä. Sytyttimessä tutkitaan putkien käyttäytymistä putkikeräinten avulla ja tuloksia kupari- ja PEX-putkesta saadaan tulevien vuosien aikana.

Työssä mitattiin myös Sytyttimelle tulevan veden lämpötilaa. Vesi ehtii lämmitä putkessa yön aikana paljon. Alkukesästä vesi lämpeni 12-asteisesta 26-asteiseksi. Loppukesästä veden lämpötila rakennukseen tullessa oli 16 °C ja se lämpeni yli 28-asteiseksi. Jos ajatellaan talvikuukausia, voisi olettaa, että vesi ei ehdi lämmitä putkistossa seistessään niin paljon, koska se on varmasti tullessaan jo huomattavasti kylmempää. Toisaalta se, että vesi ehtii lämmitä niinkin paljon, eli 28-asteiseksi, viittaa siihen, että kylmävesiputkistoon olisi voinut olla hyvä laittaa eriste. Toisaalta vesi ehtii olla vain aika vähän aikaa putkistossa yli 25-asteisena, joten luultavasti sil-

lä ei ole mikrobien kannalta merkitystä. Vuoden 2012 kesä on ollut pintavesien suhteen kylmempi kuin esim. vuoden 2011 kesä. Jos Sytyttimeen tuleva vesi olisi ollut mittausten aikana vielä lämpimämpää, vesi saattaisi lämmitä kylmävesilinjassa ehkä vielä enemmän.

Teknologiatalo Sytyttimen energiakulutustietoja saatiin työtä varten vuoden ajalta. Kaukolämmön normalisoitu energiankulutus on vuoden 2011 heinäkuun alusta vuoden 2012 kesäkuun loppuun ollut 619 MWh. Tähän saatuun lukemaan pystyttiin vertaamaan lukua, joka lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluu toimistorakennuksessa. Laskelmien perusteella Sytyttimessä käyttöveden lämmitykseen kuluu vain n. 24 MWh eli 4 % kaukolämmön kulutuksesta. Se on suhteellisen pieni osuus.

Työssä laskettiin myös kiertovesiputkiston lämpöhäviöitä. Lämpöhäviöitä syntyy putkessa, kun putkessa oleva neste on lämpimämpää kuin ilma huoneessa, jossa putki kulkee. Sytyttimessä lämpöhäviöitä tulee suhteellisen paljon. Kuparilinjassa vuoden aikana syntyneet lämpöhäviöt ovat mitattujen palaavan kiertovesijohdon ja lämmönsiirtimeltä lähtevän lämpimän vesijohdon lämpötilatietojen perusteella 23,2 MWh. Sama lämpöhäviömäärä PEX-putkistossa on 29,8 MWh. Lämpö kuitenkin häviää tilaan, jossa putket kulkevat ja aiheuttavat siellä ylimääräistä jäähtymisen tarvetta. Vuodessa molempien verkostojen yhteiset lämpöhäviöt kesän mittausten perusteella ovat n. 53 MWh. Se on melkein 9 % koko rakennuksen kaukolämpöenergiankulutuksesta vuodessa ja yli kaksinkertainen määrä siihen verrattuna, kuinka paljon veden lämmitykseen kuluu energiaa vuodessa. Rauman Energian kaukolämmön kuluttajamaksu on 45,22 €/MWh. Lämpöhäviöt aiheuttavat siis vuodessa n. 2400 € lisälaskua. Lisäksi energiaa kuluu kesäisin tilojen tarpeettomasta lämpenemisestä aiheutuvan jäähtytystarpeen kattamiseksi.

Yhteensä kaukolämpöenergiasta kuluu käyttövesiverkostossa 13 %. Se on suuri luku toimistorakennukselle, varsinkin kun Sytyttimessä käytetään vettä n. puolet siitä määrästä, mikä olisi toimistorakennuksen lämpimän veden ominaiskulutus. Ominaiskulutus toimistorakennukselle on Motivan mukaan $100 \text{ dm}^3/\text{brm}^2$ vuodessa.

Työssä tarkasteltiin myös eristyksiä siltä kannalta, olisiko järkevää eristää putkistoja vielä enemmän kuin LVI ohjetiedostossa (LVI 50–10345) suositellaan. Sytyttimen eristys on tehty eri sarjalla, kuin ohjetiedostossa on suositeltu. Lämpimän käyttöveden verkostossa pitäisi käyttää sarjaa 23 nousuputkille, eli Sytyttimessä oleville putkille eristepaksuutta 40 mm. Sarjaa 25 pitäisi käyttää muissa putkissa, esim. lämminvesi- ja kiertopiireissä. 60 mm:n sijaan niissä työselostuksen mukaan on nyt 50 mm villaa. Sytyttimessä on LVI-työselostuksen mukaan käytössä siis kaikkialla sarja 24.

Putkien eristyksen vaikutus kaukolämmönkulutukseen on suhteellisen pieni, kun ajatellaan kokonaisuutta isossa toimistotalossa. On kuitenkin muistettava taloudellinen eristys. Sillä pyritään siihen, että eristyspaksuus olisi sellainen, että lämpöhäviöitä olisi mahdollisimman vähän ja kokonaiskustannukset olisivat mahdollisimman pienet.

Putkiston pituus vaikuttaa lämpöhäviöihin paljon enemmän kuin eristys. Jos lämpimän veden putkistopituudet olisivat lyhyempiä, lämpöhäviöitä tulisi vähemmän. Sytyttimessä putkistot on suunniteltu suhteellisen lyhyiksi, mutta vieläkin paremmin suunnittelemalla olisi lämpöhäviöitä saatu jonkin verran pienemmiksi. Tosin esim. 20 metriä vähemmän tiettyä putkea, merkitsee vain alle megawatin säästöä vuodessa.

Sytyttimen lämpimässä käyttövesiverkostossa on suuret lämpöhäviöt. Kuparipuolella häviöt ovat todellisuudessa tuplasti sen verran, kuin suoran eristetyn putken lämpöhäviöt olisivat. PEX-putkella häviöt ovat kolminkertaiset. Mahdollisia syitä suuriin lämpöhäviöihin ovat esimerkiksi kytkentäjohdot ja tutkimuskäyttöön tarkoitettut eristämättömät putkekeräinyksiköt. PEX-putkella mahdollisesti eristämättömät jakotukit vaikuttavat lämpöhäviöön.

Jos mietitään esimerkiksi sitä, että lämmönsiirtimiä olisi rakennuksessa esim. useammassa kohtaa, se vaikuttaisi putkipituuksiin lämmönsiirtimiltä eteenpäin, mutta kokonaisenergiankulutukseen se ei vaikuttaisi. Lämpöhäviöt voisivat jopa kasvaa, jos kaukolämpöputkia jouduttaisiin kuljettamaan rakennuksen sisällä pidempiä matkoja. Kaukolämpöputket ovat kuitenkin kuumempia kuin lämpimän vesijohtoverkoston putket.

Kun ajatellaan energiansäästämistä, on pohdittava myös sitä, että putkistossa kiertävän veden lämpötila ei olisikaan niin korkea, vaan esimerkiksi 50 astetta. Parocin calculus-ohjelman kanssa laskettuna energiansäästö vuodessa Sytyttimessä olevilla putkilla olisi 1,1 MWh, kun pystytään vertaamaan vain putkisto-osuuksia, joissa eristystä on ja olettaamaan, että putket kulkevat vain suorina. Säästö myös tällä tavoin olisi kovin pieni. Tässä työssä ei arvioitu, mitä veden lämpötilan laskeminen eristämättömillä osilla vaikuttaisi.

Lopullisena johtopäätöksenä voitaisiin sanoa, että toimistorakennuksen käyttövesijärjestelmän energiatehokkuuteen veden lämpötilan laskulla esim. viidellä asteella ei olisi suurta merkitystä. Eristyksen paksuntamisellakaan esim. 10 mm:llä ei olisi juurikaan merkitystä. Jos kiertoveden tilavuusvirtaa taas pienennettäisiin, se ei vaikuttaisi lämpöhäviöihin, koska vesi jäähtyisi enemmän kiertopiirissä.

Pohdittaessa lämpöhäviöitä ja niiden pienentämistä, voitaisiin ajatella myös sitä, että veden lämmitys tapahtuisikin lähempänä vesikalustetta. Tällaisia systeemejä ei ole Suomessa käytössä. Se voisi olla kokeilemisen arvoinen asia. Tämä pienentäisi lämpöhäviöiden määrää, koska lämmintä vettä ei tarvitsisi kuljettaa satoja metrejä pitkiä putkia pitkin kalusteille. Se on asia, josta kannattaisi tehdä jatkotutkimuksia laajemmaltaikin tulevaisuudessa.

LÄHTEET

Cuporin www-sivut. Viitattu 26.7.2012. <http://www.cupori.com>

Elomatic Oy. 2010. LVI-työselitys. Turku

Euroopan kupariputkikampanjan pohjoismaiset www-sivut. Viitattu 15.6.2012. <http://www.kupari.com>

Jäpölä, J. Vastaanottaja: mari.ramo@studet.samk.fi 27.8.2012 Viitattu 28.8.2012

Keinänen-Toivola Minna M., Ahonen Merja H., Kaunisto Tuija 2007. Talousveden laatu suomessa vuosina 1984-2006. Turku. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy .

Kekki Tomi K., Keinänen-Toivola Minna M., Kaunisto Tuija, Luntamo Marja 2007. Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Turku- Vesi-Instituutti/Prizztech Oy.

KESPET- uutiset www-sivut. Viitattu 30.7.2012. <http://www.kespet.fi>

Kwh-pipen www-sivut. Viitattu 13.7.2012. www.kwhpipe.fi

Living Labs www-sivut. Viitattu 13.7.2012. <http://livinglabs.fi>

LVI 50-10344 ohjetiedosto Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus (2002)

LVI 50-10345 ohjetiedosto Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö (2002)

Mediuutisten www-sivut. Viitattu 10.7.2012. <http://www.medi uutiset.fi>

Motivan www-sivut. Viitattu 26.6.2012. <http://www.motiva.fi>

Oraksen www-sivut. Viitattu 25.7.2012. <http://www.oras.com>

Parocin www-sivut. Viitattu 13.7.2012. <http://www.paroc.fi>

Prizztechin www-sivut. Viitattu 8.6.2012 <http://www.prizz.fi>

Projekti uutisten www-sivut. Viitattu 13.6.2012 <http://www.projekti uutiset.fi>

Rakennustiedon www-sivut. Viitattu 30.7.2012. <https://www.rakennustieto.fi>

Rauman Energian [www-sivut](http://www.raumanenergia.fi). Viitattu 17.8.2012. <http://www.raumanenergia.fi>

Rauman kaupungin www-sivut. Viitattu 10.7.2012 <http://www.rauma.fi>

Rauman Veden www-sivut. Viitattu 13.6.2012 <http://www.rauma.fi>

RYM Oy:n www-sivut. Viitattu 12.6.2012 <http://www.rym.fi>

Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. 2. päivitetty painos. Jyväskylä: Suomen LVI-liitto ry. 444 s. ISBN 951-98811-0-7

Suomen rakentamismääräyskokoelma D1, Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteet, Määräykset ja ohjeet 2007

Suomen rakentamismääräyskokoelma D5, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, 2007

Taloon.com www-sivut. Viitattu 10.7.2012. <http://www.taloon.com>

Terveyden ja hyvinvoinninlaitoksen www-sivut. Viitattu 6.7.2012. <http://www.ktl.fi>

Tilastokeskuksen www-sivut. Viitattu 26.6.2012. <http://www.stat.fi>

Uponorin www-sivut. Viitattu 15.6.2012 ja 26.7.2012. <http://www.uponor.fi>

Vepsä, Jyrki. 2010, Rauman teknologiatalon talousveden tutkimusverkoston suunnitteluvaiheen seuranta ja analysointi. AMK-opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Wexon Oy:n www-sivut. Viitattu 15.6.2012. <http://www.wexon.fi>

Wikipedian www-sivut. Viitattu 26.6.2012 ja 22.7.2012. <http://fi.wikipedia.org>

Taulukko 23. Pesuallashanojen virtaamat

Tila	Kylmä vesi		Hana	Kuuma vesi		Materiaali
	Tilavuusvirta, l/s	vrt. normivirtaama		Tilavuusvirta, l/s	vrt. normivirtaama	
D010, P	0,177	177 %	1812	0,180	180 %	cu
D009, P	0,175	175 %	1812	0,179	179 %	cu
D008, P	0,178	178 %	1812	0,181	181 %	cu
D007, P	0,180	180 %	1812	0,182	182 %	cu
D006, P	0,171	171 %	1812	0,176	176 %	cu
D001, P	0,178	178 %	1812	0,182	182 %	cu
H128, P	0,159	159 %	1812	0,174	174 %	cu
H129, P	0,175	175 %	1812	0,171	171 %	cu
I123, P	0,159	159 %	1812	0,173	173 %	cu
G141, P	0,166	166 %	1812	0,164	164 %	cu
G136, P	0,172	172 %	1812	0,165	165 %	cu
E119, P	0,159	159 %	1812	0,159	159 %	cu
E119, S	0,158	158 %	1812	0,161	161 %	cu
F117, P	0,180	180 %	1812	0,183	183 %	PEX
E125, P	0,201	201 %	2801	0,200	200 %	PEX
E125, P	0,207	207 %	2801	0,198	198 %	PEX
E126, P	0,207	207 %	2801	0,205	205 %	PEX
E126, P	0,103	103 %	2801	0,102	102 %	PEX
E131, P	0,162	162 %	1812	0,167	167 %	PEX
E133, P	0,164	164 %	1812	0,168	168 %	PEX
D118, P	0,166	166 %	1812	0,168	168 %	PEX
D117, P	0,163	163 %	1812	0,164	164 %	PEX
C122, P	0,169	169 %	1812	0,163	163 %	PEX
A125, P	0,156	156 %	1812	0,161	161 %	PEX
B126, P	0,160	160 %	1812	0,158	158 %	PEX
H229, P	0,163	163 %	1812	0,167	167 %	cu
H230, P	0,153	153 %	2802	0,150	150 %	cu
I222, P	0,167	167 %	1812	0,145	145 %	cu
G240, P	0,168	168 %	2802	0,166	166 %	cu
G241, P	0,149	149 %	1812	0,149	149 %	cu
G242, P	0,164	164 %	1812	0,167	167 %	cu
F226, P	0,163	163 %	1812	0,166	166 %	cu
G234, P	0,170	170 %	1812	0,171	171 %	cu
G233, P	0,160	160 %	1812	0,160	160 %	cu

LIITE 1

Tila	Kylmä vesi		Hana	Kuuma vesi		Materiaali
	Tilavuusvirta, l/s	vrt. normivir- taama		Tilavuusvirta, l/s	vrt. normivir- taama	
E224, P	0,155	155 %	2802	0,159	159 %	PEX
E225, P	0,157	157 %	1812	0,162	162 %	PEX
F218, P	0,145	145 %	1812	0,156	156 %	PEX
E231, P	0,158	158 %	2802	0,154	154 %	PEX
E232, P	0,154	154 %	2802	0,157	157 %	PEX
E233, P	0,156	156 %	2802	0,156	156 %	PEX
B226, P	0,152	152 %	1812	0,158	158 %	PEX
A225,P	0,158	158 %	1812	0,159	159 %	PEX