

Miika Mustaniemi

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TASAPAINOTUS

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TASAPAINOTUS

Miika Mustaniemi
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Taloteniikka

Tekijä: Miika Mustaniemi

Opinnäytetyön nimi: Lämmitysjärjestelmän tasapainotus

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: Kevät 2015

Sivumäärä: 36+9

Opinnäytetyö tehtiin Tilitoimisto Miccia Oy:lle. Työn tavoitteena oli tehdä lämmitysjärjestelmän tasapainotusuunnitelma vuonna 1959 valmistuneeseen kerrostaloon, jossa oli perinteinen patterilämmitysjärjestelmä.

Työssä tutustaan rakentamisen ja lvi-tekniikan kehittymiseen 1940–1960-luvuilla. Lisäksi käydään läpi vaiheittain läpi milläläilla tasapainotus tulee toteuttaa ja mitkä ovat sen hyödyt. Työssä tutustaan myöskin miten rakennusten lämpöhäviöt tulee laskea, mistä käy ilmi, kuinka monta W/m² mikäkin tila tarvitsee lämmitystehoa. Lämmitystehontarpeet mitoitettiin käyttämällä CAD-suunnitteluohjelmistoa.

Lämmitystehontarpeen mitoituksen jälkeen kohteen lämmitysverkosto mallinnettiin MagiCAD-ohjelmistolla olemassaolevia asennuksia vastaavaksi, jotta tasapainotus voitiin suorittaa mahdollisimman tarkasti.

Kun verkoston mallinnus oli saatu valmiiksi, määritettiin laskennallisesti linjasäätö- ja patteriventtiileille oma esisäätöarvonsa, minkä perusteella lämpötilojen pitäisi asettua haluttuun tasoon.

Asiasanat: Lämmitys, lämmitysverkosto, energian säästö, kestävä kehitys

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 RAKENTAMINEN SUOMESSA 50-LUVULLA	7
2.1 Pula-aika ja säännöstely	7
2.2 Mallia ulkomailta	8
2.3 Rakennustapa uudistuu	8
2.4 Elementtirakentaminen	11
3 LVI-JÄRJESTELMÄT VUOSINA 1940- 1960	12
3.1 Vesi- ja viemärijärjestelmät	12
3.1.1 Kylmävesijohdot	12
3.1.2 Lämminvesijohdot	13
3.1.3 Viemäriputket	13
3.1.4 Putkistovarusteet	13
3.2 Lämmitysjärjestelmät	14
3.3 Lämmönjakolaitteiden materiaalit	15
4 PERUSSÄÄDÖN PERIAATE	18
4.1 Perussäätötyön toteutus	19
4.1.1 Lämpötilamittaukset termostaatit irrotettuina	20
4.1.2 Lämpötilamittaukset termostaatit paikoillaan	21
4.2 Asuinkerrostalon säädön suunnittelu	21
4.3 Toimenpiteet ennen suunnittelun aloittamista	21
4.4 Lämmitystehontarpeen laskenta	22
4.5 Verkoston mallinnus MagiCAD-ohjelmalla	26
4.6 Patteri- ja linjasäätöventtiilien virtaaman määrittäminen	27
4.7 Esisäätöarvojen määrittäminen	29
5 TEHONMÄÄRITYKSEN TULOKSET	31
5.1 Tehon määrittäminen tuntisista keskienergioista	31
5.2 Tehojen jakaminen	32
6 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	35

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Miccia Oy:lle. Miccia Oy on oululainen vuonna 1978 perustettu yritys, jonka palveluja ovat kirjanpito, isännöinti ja konsulttipalvelut. Miccia Oy:n tilitoimistopalveluihin kuuluu yritysten perustamiset ja toimistopalvelut, kirjanpito ja palkkalaskentapalvelut, tilinpäätös, tilintarkastus ja veroilmoitukset sekä taloussuunnittelu ja seurantapalvelut. Isännöintipalveluihin kuuluvat taloyhtiöiden kirjanpidot, vuokranvalvonta ja tilinpäätökset sekä muut hallinnolliset ja tekniset toimet.

Työn tarkoituksena oli tasapainottaa As Oy Nokelantie 48:n patterilämmitysjärjestelmä, jossa sijaitsee myös Miccia Oy:n toimisto. Työssä kerrotaan myös miten perussäätö ja säädön jälkeiset lämpötilamittaukset tulee suorittaa vaaditulla tarkkuudella. Rakennusten lämmitysjärjestelmien tasapainotus on tärkeää, koska sillä saavutetaan jokaiseen asuintalon huoneistoon haluttu lämpötila. Liian korkealla pidettävä lämpötila aiheuttaa huomattavia kuluja lämmityskustannuksissa.

Opinnäytetyön kohteena olevassa rakennuksessa oli mitattu yllämpöä lähes jokaisessa huoneistossa. Tavoitteena oli saada järjestelmä tasapainoon siten, että jokaisessa huoneistossa olisi noin 22 °C:n lämpötila. Työn tarkoituksena on mallintaa CADS- ja MagiCAD-ohjelmistoja käyttäen rakennuksen pohja- ja lvi-piirustukset identtisinä olemassa olevien asennusten mukaisesti, jotta tasapainotus voidaan suorittaa luotettavasti. Mallinnuksen tuloksena saatiin patteri- ja linjasäätöventtiileille määriteltyä uudet esisäätöarvot, joilla järjestelmä voidaan tasapainottaa ja saada lämpötilaolot tasaiseksi.

Työhön kuuluu lämmitysjärjestelmän tasapainotussuunnitelman lisäksi tutustumista rakentamisen kehittymiseen 1940–1960-luvuilla, jolloin sotien jälkeisenä aikana eri rakentamistekniikat kehittyivät nopealla tahdilla eripuolilla Eurooppaa.

2 RAKENTAMINEN SUOMESSA 50-LUVULLA

1940-lukua ja 1950-luvun alkua voidaan pitää monessa suhteessa pulakautena ja sekarakentamisen aikana; samalla se oli myös perinteisestä rakentamisesta ja sen rakenteellisista ratkaisuksista ja rakentamisen tekniikasta irroittautumisen aikaa. 1950-luvun loppupuolta leimasivat voimakkaat rationalisointinäkömät sekä esivalmisteisten rakennusosien ja konetekniikan käyttöönotto. (1, s. 46.)

2.1 Pula-aika ja säännöstely

Vuonna 1953 pula rakennustarvikkeista alkoi hellittää, jonka jälkeen rakennustarvikkeiden, kuten sementin kysyntään pystyttiin vastaamaan ja kysyntä tyydyttämään kokonaan. Reikätiilen käyttö oli kuitenkin lähes kaksinkertaistunut edellisvuosiin verrattuna, joten siitä oli yhä pulaa samoin kuin betoniteräksestä. Naulojen puute ei sen sijaan ollut enää avainasemassa, sillä niitä sai jo kysyntää vastaavasti. 1950-luvun puolivälissä sementin ja betoniteräksen kysyntä ja tuotanto pysyivät tasaisina. Poltetun tiilen kysyntä oli kuitenkin vielä tarjontaa suurempaa; tuotannosta yli kolmannes oli reikätiiltä. (1, s. 46.)

Vuonna 1956 ikkunalasien tuotanto kasvoi lähes 30 % edellisvuoteen nähden ja pystyi näin vastaamaan kysyntään huomattavasti paremmin. Rakennustarvikkeiden hintasäännöstely päättyi vuoden 1955 lopulla, mutta maaliskuun 1956 lopulla alkaneen yleislakon seurauksena hallitus sai kuitenkin uudelleen hintasäännöstelyvaltuudet. Teollisuustuotanto lisääntyi vuonna 1955 aiempiin vuosiin verrattuna 10 %, vienti 20 % ja rakennustoiminta 5–6 %. (1, s. 46.)

1950-luvun lopulla taloudellinen tilanne kohentui Suomessa muutenkin. Vuonna 1959 elettiin voimakasta nousukautta lähes kaikissa maailman teollistuneissa maissa, kuten myös Suomessa. Suomessa tärkeänä talouden elvyttäjänä oli osamaksukaupan voimakas kasvu. Sotia edeltävään aikaan verrattuna vuonna 1959 teollisuuden tuotanto oli 2,4-kertainen ja kansantulo kasvanut n. 60 %. Toisen maailmansodan jälkeisen kymmenen vuoden aikana rakentamisen kehitysvauhti oli voimakasta. Arvioitiin, että kehitys oli ollut suurempaa kuin edellisen 40–50 vuoden aikana. Tärkeimpinä kehitystä eteenpäin vieneinä asioina pidettiin ulkomaisia esimerkkejä. Rakentamisen Suomessa arvioitiin yleisesti ottaen olleen keskieurooppalaisella tasolla 1950-luvun puolivälin

jälkeen. Yksi huomattavimpia muutoksia rakennustuotannossa oli painopisteen siirtyminen maaseudulta asutuskeskuksiin vuoteen 1956 mennessä. (1, s. 46.)

2.2 Mallia ulkomailta

Suomessa seurattiin aktiivisesti ulkomaista rakentamista 1950-luvulla ja sillä oli suuri vaikutus kotimaiseen rakentamiseen. Eniten esimerkkiä haettiin Ruotsista. Toisen maailmansodan jälkeen ruotsalaisessa rakentamisessa kevytbetoni lähes syrjäytti puun käytön asuinrakentamisessa. Vuonna 1945 ulkoseinien rakennusaineena käytettiin puuta noin 34 %, tiiltä 41,4 %, kevytbetonia 23,2 % ja betonia 1,5 %. Vuonna 1952 tilanne oli muuttunut huomattavasti. Puuta käytettiin enää 12 %, tiiltä 29,3 %, kevytbetonia 54,1 % ja betonia 3,9 %. (1, s. 49–51.)

Ongelmana oli kuitenkin pienipalkkaisen rakennustyövoiman puute, joten koneellistaminen ja vähän työvoimaa vaativien tapojen kehittäminen oli tarpeen. Tavoitteiden saavuttamiseksi alettiin käyttää merkittävästi enemmän torninostureita. 1950-luvun alussa Ruotsissa torninostureita oli muutamia kymmeniä, mutta luku nousi nopeasti yli 150:n. Myöhemmin huomattiin kuitenkin, että vaikka nostureilla säästettiin betonitöissä, saavutetut säästöt menetettiin todennäköisesti muurauksvaiheessa. Tämä johti siihen, että nostureiden käytössä vaadittiin suunnitelmallisuutta ja tehokkuutta. Taloudellisten tavoitteiden saavuttamiseksi alettiin lopulta kehittää nostureille sopivaa talotyyppiä. Tämä kehitys tuli esille myös muualla – myöhemmin myös Suomessa. (1, s. 49–51.)

Norjalainen asuinrakentamistapa oli huomattavasti suomalaista tapaa kevyempi ja halvempi. Lähes kaikessa säästettiin: käytettiin muun muassa pulpettikattomallia, jossa räystäskouru tuli vain toiselle puolen taloa. Ikkunat ja ovet olivat esivalmisteisia. Väliseinät tehtiin puurunkoisina kipsilevyseininä. Valutöissä käytettiin muottielementtejä ja pintojen viimeistelystä ja materiaaleista tingittiin. Kuljetuskustannukset saatiin myös huomattavasti suomalaisia pienemmiksi, koska talot olivat noin 30 % kevyempiä. (1, s. 49–51.)

2.3 Rakennustapa uudistuu

1950-luvun asuntopulan helpottamiseksi tarjottiin lähinnä taloudellisia säästöratkaisuja ja rationalisointia. Arkkitehtuurista tinkiminen oli yleinen vaatimus. 1950-luvun alussa esitettiin

kuitenkin säästöratkaisu, jolla nähtiin olevan myös arkkitehtonisesti edullisia vaikutuksia. Suomen arkkitehtiliiton standardoimislaitos jätti heinäkuussa 1953 sisäasiainministeriölle huonekorkeusminimin alentamista koskevan ehdotuksen. Ehdotusta perusteltiin sekä taloudellisin että terveydellisin ja arkkitehtonisin vaikutuksin. Huonekorkeuden alentamisen katsottiin lisäävän mahdollisuuksia jäsennöidä julkisivua halutulla tavalla sekä lisäävän levollisuuden tuntua huonetiloissa. Tutkimuksissa ei myöskään ollut löydetty ilman kosteuteen, lämpötilaan tai ilmanvaihtoon liittyviä ongelmia. (1, s. 51–54.)

Syyskuussa 1953 annettiin asetus, jossa asuinhuoneistojen vähimmäiskorkeudeksi säädettiin 240 cm, kolmi- tai useampikerroksissa rakennuksissa kuitenkin vähintään 250 cm. Valtion rationalisointitoimikunta pohti keinoja vuosien 1952–1953 aikana koneellistamisen ja työmenetelmien kehittämiseksi tuotantoon paremmin soveltuvan suunnittelun aikaansaamiseksi. Tavoitteena oli saada asuntojen tuotantokustannukset saadaan niin alas, että asuntoja olisi pystytty myös ostamaan. (1, s. 51–54.)

Keski-Euroopasta saamiensa kokemusten mukaan rakentajat esittivät, että halvempaan rakentamiseen päästäkseen olisi muun muassa määräyksiä helpotettava, suunnittelussa noudatettava suurempaa yhdenmukaisuutta ja laatuvaatimuksia olisi pienennettävä.

Keski- ja etelä-euroopassa käytettiin yleisesti teräsjäykistettyä tiilipalkkeihin ja suuriin ontelotiiliin perustuvaa välipohjarakennetta. Tätä välipohjarakennetta käytettiin Suomessa ensimmäistä kertaa vuonna 1955. Myös maansiirtotyöt koneellistuivat huomattavasti 1950-luvulla. Diplomi-insinööri T. Tuomola esitti vuonna 1955 korvausilman otettavaksi ikkunarakenteiden kautta. Hän myös esitteli nykyäänkin tuloilmaikkunana tunnetun ratkaisun ja suositteli siirtymistä kolminkertaisiin ikkunoihin. (1, s. 51–54.)

1950-luvun alussa tapahtui Ruotsissa käänne, joka johti voimakkaaseen elementtitekniikan kehitykseen. Suomessa näin ei kuitenkaan käynyt ja Ruotsi otti harppauksen kehityksessä Suomen edelle, kun vielä 1930- ja 1940-luvulla tilanne oli ollut päinvastainen. Syitä Ruotsin kehittyneeseen rakentamiseen oli paljon. Pääomia oli ollut saatavissa rakentamiseen, ja korkokanta oli alhaisempi kuin Suomessa. Rakennusalan tutkimukseen, ennen kaikkea soveltavaan tutkimukseen panostettiin huomattavasti enemmän kuin Suomessa, eikä Ruotsissa ollut liikevaihtoveroa rasittamassa rakentamista. (1, s. 51–54.)

Ranskassa keksittiin betonimassan siirto paineputkessa 1920-luvulla. 1950-luvulla muun muassa Saksassa kehiteltiin parempia pumppumalleja nimenomaan talonrakennusta silmälläpitäen. Suomessa pumppubetonia käytettiin ensimmäisen kerran vuonna 1950. Pumppubetonin käyttö ei kuitenkaan ollut 1950-luvun puolivälissä sivuuttanut työmaabetonin käyttöä, vaikka betoniasemat merkitsivät huomattavaa työn ja kustannusten säästöä. Tämä johtui siitä, että ensimmäiset valmisbetoniasemat olivat sementtiteollisuuden omistamia ja betonin hinta oli varsin korkea. Ulkomaisten esimerkkien mukaan työmaille alettiin toimittaa irtosementtiä Suomessa vuonna 1953. (1, s. 51–54.)

Ilmeaineeksikin kutsuttu muovi alkoi kiinnostaa rakentajia yhä enemmän 1950-luvun puolivälissä. Sodan jälkeen muovia käytettiin lähinnä sisustustarvikkeisiin. Sähkötekniinen teollisuus oli vanha muovin käyttäjä. Suomessa uutena rakennusaineena oli polystyreeni, josta 95 % oli ilmaa. Muovia käytettiin myös erilaisissa putkissa ja muovilistoituksissa. (1, s. 51–54.)

Puutavaran kulutus oli suurta kivrakenteisia taloja tehtäessä. Rakenteisiin jäävän puutavaran osuus oli noin 1/3 puusta. 2/3 puusta kulutettiin suureksi osaksi betonilaudoituksina tai telineinä yms. Muottien kustannukset olivat 20–30 % betonirungon kokonaiskustannuksista. Betonimuotteja kehittämällä oli siten mahdollista säästää huomattavasti. Kysymyksessä oli kuitenkin merkittävä kustannuserä väliaikaiseen rakenteeseen sijoitettuna. Jotta muottikustannuksia saatiin pienemmäksi, muotit tuli tehdä suurista ja helposti liikuteltavista osista. Niiden tuli kestää useita valuja ja olla helposti koottavissa ja purettavissa. Myös betonirakenteet tuli suunnitella siten, että samoja muotteja voitiin käyttää toistuvasti. (1, s. 51–54.)

Kerrostaloissa huomattava työvaihe oli rappaus ennen sileävalu- ja elementtitekniikkaa. Taloa kohti vaadittiin suuri määrä rappareita ja jatkuvaa telineiden pystytystä ja purkamista. Tehokas kuivatus oli myös tarpeen. 1950-luvun loppupuolella ammattitaitoisista rappareista ja muurareista oli pulaa, mikä johti palkkojen nousuun. Tämän vuoksi urakoitsijat alkoivat kehittää ratkaisuja, joilla pääsisivät eroon kalliista ja kosteasta rappausvaiheesta. Tältä pohjalta syntyi sileävalutekniikka. Rappaamattomien pintojen eli sileävalutekniikan käytössä oli vuoden 1958 aikana tehty onnistuneita suurmuottikokeiluja. Rakennusaika oli pienentynyt huomattavasti ja kustannuksissa säästettiin. Sileävalutekniikka oli sotien jälkeisen rationalisointikehityksen tärkeimpiä saavutuksia ja johti lopulta elementtimuotoiseen rakentamiseen. Vuosina 1958–59 oli yhteispohjoismaisen kehittelyn tuloksena syntynyt suurmuottitekniikka, jossa työhön sovelletulla nosturilla oli suuri merkitys. Tällä tekniikalla valmistettuja seiniä ei tarvinnut enää rapata. Höyrylämmitteiset

suurmuotit osoittautuivat talvirakentamisessa käyttökelpoisiksi, ja kokonaisuutena talvirakentaminen onnistui hyvin. Suomessa rakentaminen oli vakiintunut ympärivuotiseksi, ja niin sanottu talvityöttömyys oli lopullisesti taaksejäänyttä 1950-luvun puolivälissä. Keski-Euroopassa sitä vastoin rakentaminen keskeytettiin edelleen talvella 2–3 kuukaudeksi. (1, s. 51–54.)

2.4 Elementtirakentaminen

Elementtirakentamisen ajatus ei ollut syntynyt ensimmäisen eikä toisen maailmansodan aiheuttamasta asuntopulasta. Elementtirakentamisen ajatuksen laati Leonardo da Vinci jo vuonna 1516 maaseudun rakentamista varten. Ajatus perustui paikalla valmistettuihin perustuksiin ja verstaissa tehtyihin seinäelementteihin. 1920- ja 30-luvuilla ideoitiin elementtitaloa pidemmälle. Toisen maailmansodan jälkeen uskottiin, että teollistunut rakentaminen ratkaisee asuntopulan. Näin ei kuitenkaan tapahtunut. Teollinen tuotantotapa ei mullistanut rakentamista, kuten se oli tehnyt monille muille tuotannonaloille, ja tähän oli monia syitä. Talot olivat suuria ja raskaita eikä niiden jakelu tehtaista onnistunut, kuin suhteellisen pieninä, kuljetettavissa olevina osina. Rakentamisen voimakas kehittyminen suureksi liiketoiminnaksi vaikutti myös tilanteeseen. Asuntopula ei siis ollutkaan vain tuotantotekninen ongelma.

Rakentamisen teollistamisessa näytettiin epäonnistuvan vielä 1950-luvulla. Syinä tähän olivat lähinnä epärealististen tavoitteiden asettaminen ja teollistamiskäsitteen virheellinen määrittely rakentamisen yhteydessä.

Yleinen kehitys kulki kuitenkin lopulta kohti elementtimuotoista rakentamista. 1960-luvun alussa tapahtui lopullinen elementtirakentamisen lopullinen läpimurto laajamittaisen aluerakentamisen tehtyä asuntotuotannosta lähes liukuhihnamaista. (1, s. 54–55.)

3 LVI-JÄRJESTELMÄT VUOSINA 1940- 1960

Rakennusten LVI-tekniinen varustetaso ennen toista maailmansotaa oli verraten alhainen. Nykyinen Arava-taso oli 1920- ja 30-luvuilla suurta ylellisyyttä ja esiintyi vain muutamassa prosentissa asutokannasta. Uusiin kerrostaloihin rakennettiin jo useimmiten keskuslämmitys, vesijohto sekä viemäri, mutta lämminkäyttövesijärjestelmä oli harvinaisempi. Lämmitys tapahtui kiinteillä polttoaineilla, kuten kivihiilellä, koksilla tai haloilla.

Asuntojen laadulle asetettiin toisen maailmansodan jälkeen selvä tavoitetaso. LVI-tekniikan kannalta laatuvaatimuksista oleellimmat olivat seuraavat:

- keskuslämmitys
- kauko- tai aluelämmitys
- kylpyhuone ja keittiö varustettuna vesijohdolla, viemärillä ja lämpimällä käyttövedellä
- koneellinen poistoilmanvaihto.

3.1 Vesi- ja viemärijärjestelmät

3.1.1 Kylmävesijohdot

Kylmävesijohdot tehtiin yleensä sekä sisä- että ulkopuolelta kuumasinkitystä teräsputkesta. Putket olivat ulkomaisia ja niiden laatu vaihteli, muun muassa sinkityksen paksuus ja tasaisuus oli vaihteleva. Kuumasinkityt teräsputket liitettiin toisiinsa käyttämällä liitoskappaleina erilaisia muotoputkia, jotka olivat kuumasinkittyä, pehmitettyä eli adusoitua valurautaa tai kuumasinkittyä terästä. Asennukset tehtiin kierrelitoksien ja tiivisteiden avulla käytettiin puhdasta hampua sekä pellavaöljykittä tai talia. Kuumasinkityt putket voitiin kiinnittää toisiinsa tai vesijohtovarusteisiin myös laippaliitoksien avulla. Kupariputkea alettiin käyttää kylmävesijohtojärjestelmissä 1950-luvulla aluksi vain runkojohdoista lähteisiin pienempiin haarajohtoihin. Muoviputkien käyttö rakennusten sisäisinä putkina oli kiellettyä vielä 1950-luvulla. Rakennusten ulkoisina johtoina muoviputkea käytettiin kuitenkin suuria määriä. (1, s. 162–163.)

3.1.2 Lämminvesijohdot

1940–60 lämminvesijohdot tehtiin poikkeuksetta kupariputkista, koska sinkitty putki ei Suomen oloissa kestänyt kuumaa vettä. Pääasiallisena liitostapana kupariputkelle oli kovajuotos, jota tehtäessä käytettiin juotospulveria, yleisimmin booraksia, hapettumisen estämiseksi. Juottaminen tapahtui joko messinkijuotteella tai hopeapitoisilla juotteilla. Hitsausta ei yleensä käytetty kupariputkia liitettäessä. Irroitettavat liitokset tehtiin joko putkenyhdistimiä tai kapillaarijuotosta käyttäen. (1, s. 165)

3.1.3 Viemäriputket

1950-luvulla kiinteistöjen vesijohtoja ja viemäreitä koskevien määräysten mukaan rakennuksen sisälle asennettavat viemärit oli tehtävä valurauta-, lyijy- tai kupariputkista. Pohjaviemärit oli kuitenkin aina tehtävä valurautaputkista. Muoviputket olivat 1950-luvulla vielä kiellettyjä rakennusten sisäpuolisissa viemäreissä. Syyt olivat samat kuin vesijohtojen yhteydessä. Ulkopuolisina viemäreinä käytettiin lasitettuja saviputkia, betoniputkia, muoviputkia tai harvemmin valurautaputkia. (1, s. 165)

Rakennusten sisäiset viemärit tehtiin 1960-luvun puoliväliin asti yleisimmin valurautaputkista, minkä jälkeen muoviputket tulivat laajempaan käyttöön asuinkerrostalojen sisäisissä viemäriasennuksissa. Valurautaputkia on valmistettu Suomessa 1930-luvun alkupuolelta saakka. Tämän lisäksi käytössä on ollut myös vaihtelevan laatuista ulkomaisia viemäriputkia. Lyijyputkista saatiin tehdä vain 30–50 mm:n viemäreitä. (1, s. 165)

Lyijyputkien käyttö rajoittui lähinnä lyhyisiin haara- ja kytkentäviemäriin sekä vesilukkoihin. Lyijyputkien asennuksessa oli otettava huomioon myös se, että sementti- ja kalkkilaasti syövyttivät lyijyä. Kupariputkea asuinrakennusten viemäreissä ei juurikaan käytetty lähinnä kustannussyistä. (1, s. 165.)

3.1.4 Putkistovarusteet

Ajankohtaan nähden käytetyimpiä vesijohtovarusteita olivat sulkuventtiilit, takaiskuventtiilit, varoventtiilit, uimuriventtiilit, vaihtoventtiilit sekä tulppahanat. Vesijohdoissa sulkuventtiilejä

käytettiin erottamaan jakelujohtoja varsinaisista pääjohdoista. Sisäjohtojen asennuksissa sulkuventtiilejä käytettiin runkojohdoissa sekä haarajohdoissa siten, että sulkuventtiilin erottamia johtoja pystyttiin korjaamaan jakeluverkon toimintaa häiritsemättä. Yleisin sisäjohtotasennuksissa käytetty sulkuventtiili 1940- ja 1950-luvuilla oli ns. väliventtiili. Väliventtiili aiheutti kuitenkin veden virtaukselle monesti liian suuren vastuksen. Normaalisti eli istukkaventtiilistä kehitettiinkin tämän vuoksi muunnoksia, jollainen oli esim. vapaavirtaus- eli vinoistukkaventtiili. Tulppahanoista luovuttiin 1950-luvulla ja niitä saatiin käyttää ainoastaan vesijohdoissa säätö- ja tyhjennysventtiileinä. (1, s. 166–167.)

Vesilukkoina viemäriputkistoissa käytettiin yleensä joko putkivesilukkoja tai pullovesilukkoja. Putkivesilukot valmistettiin joko valuraudasta tai lyijystä. Pullovesilukot valmistettiin joko valuraudasta tai messingistä. Rakennusten sisäiseen verkkoon, pääasiassa kellaritiloihin, asennettiin valurautaisia puhdistusputkia. Padotusventtiilejä käytettiin estämään viemäriveden tunkeutuminen rakennuksen kellareihin yleisissä viemäreissä mahdollisesti esiintyvän tulvan aikana. (1, s. 166–167.)

Pesuallassekoittimia oli mahdollista saada joko kiinteä- tai kääntyvävartisina ja seinään tai pesualtaaseen asennettavina. Pesupöytäsekoittimet olivat yleisimmin kääntyvävartisina ja pesualtaaseen asennettavia. Pesupöytään asennettavia kalusteita käytettiin pääasiassa vain silloin, kun seinätalaa ei ollut käytettävissä sekoitukalusteen kiinnittämiseksi. (1, s. 166–167.)

WC-kulhojen huuhtelulaitteina käytettiin ylähuuhtelusäiliötä, matalahuuhtelusäiliötä tai huuhteluventtiilejä. Erilliset kaatoaltaat valmistettiin emaloidusta valuraudasta, posliinista ja ruostumattomasta teräksestä. Kaatoaltaaseen kuului kiinteä seinälevy ja allas kiinnitettiin seinään messinkiruuvein. Ruostumattomasta teräksestä valmistetut ja kahdella altaalla varustetut astianpesupöydät yleistyivät Suomessa 1950-luvulla. (1, s. 166–167.)

3.2 Lämmitysjärjestelmät

Uusiin asuinkerrostaloihin rakennettiin 1940-luvulla jo useimmiten keskuslämmitys. Kattilalaitos sijoitettiin tavallisesti rakennuksen pohja- tai kellarikerrokseen. Lämpökeskuksen sijainnin määräsi arkkitehti, ja lämpökeskuksen suunnittelijan päätettäväksi jäi ratkaista laitoksen muoto ja toiminta

annetun tilan osalta. 1940-luvulla asuinkerrostalojen yleisimmät kattiloiden polttoaineet olivat halot, kivihiili ja koksi.

1950-luvulla öljy syrjäytti kiinteät polttoaineet kiinteistöjen lämpökeskuksissa. Tämän myötä poistui myös kiinteiden polttoaineiden vaatima suuri tilantarve. Vesikaukolämmitystä kokeiltiin ensimmäisen kerran vuonna 1952. 1950-luvun lopun jälkeen kaukolämmitys kehittyi nopealla tahdilla. Kaukolämmön pääasiallinen etu muihin lämmitysmuotoihin nähden oli mahdollisuus rakentaa lämpöä ja sähköä tuottavia laitoksia, joiden hyötysuhde oli korkeampi kuin talokohtaisten kattilalaitosten. (1, s. 170.)

3.3 Lämmönjakolaitteiden materiaalit

Putkistot

Lämpöjohtoina käytettiin 1940-luvulla ja 1950-luvun alussa yleensä kierteillä varustettuja takorautaputkia, jotka olivat halkaisijaltaan korkeintaan 50 mm. Kierteelliset putket liitettiin toisiinsa kierreosilla, kuten jatkosputkilla ja muhveilla. T-haarat, supistukset yms. tehtiin adusoidusta, kuumasinkitystä ja pehmitetystä raudasta reunavahvikkein. Takorautalaippojen käyttö rajoittui kattiloihin, lämmönvaihtimiin ja venttiilien putkijohtoliitoksiin. Lämminvesilämmitysjärjestelmässä käytettiin lämmönsiirtoon kiertovettä, jonka lämpötila oli korkeintaan 100 °C. Veden kierto kattilasta pattereihin ja takaisin saatiin aikaan joko painovoimaisesti tai pumpun avulla. Sen mukaan kummalla tavalla veden kierto toteutettiin, puhuttiin joko painovoimaisesta järjestelmästä tai pumppukiertoisesta järjestelmästä. (1, s. 171–173.)

Patterit

Keskuslämmityslaitosten lämmönluovuttajina käytettiin yleensä ikkunoiden alle sijoitettuja lämpöpattereita. Matalapainehöyrylämmityslaitosten ollessa vielä 1930-luvulla yleisiä käytettiin tavallisesti valurautaisia lämpöpattereita. Myöhemmin valurautaisia pattereita käytettiin vain kosteissa tiloissa. Vesikeskuslämmitysjärjestelmissä käytössä olivat lähes yksinomaan teräslevypatterit. Patterien muodot vaihtelivat huomattavasti, mutta päätyypit olivat tasopatterit ja liitepatterit. Tasopatterin pinta saattoi olla tasainen, lievästi poimutettu tai patamaisesti sidottu.

Liitepatterit oli kokoonpantu pylväsmäisistä liitteistä. Liitepatterit muistuttivat aikaisemmin käytettyjä valurautapattereita. Tasopatterit luovuttivat lämpöä säteilyn muodossa enemmän kuin liitepatterit, jotka luovuttivat runsaammin lämpöä konvektion avulla ilmavirtojen mukana. Kumpaakin patterityyppiä käytettiin ja valintaan vaikuttivat monesti ulkonäkö- ja tilantarvekysymykset. Patterit liitettiin yleensä jakojohdoin joko seinään tai lattiaan upotetuilla kytkentäjohtoilla. (1, s. 176–177.)

Pumput

Lämpöjohtopumppuja käytettiin lämmin- ja kuumavesijärjestelmissä. Pumput olivat keskipakoispumppuja, joissa käytettiin pystysuoraa tai vaakasuoraa akselia, joko kokonaan koteloituina tai tuuletettavaksi koteloituilla moottoreilla. Tavallisimmin käytettiin pystysuora-akselisia pumppuja. Laitoksissa, joiden verkostoissa oli suuri paine, käytettiin yleisimmin vaakasuora-akselisia pumppuja. Vanhoissa painovoimaisissa järjestelmissä käytettiin veden kierron parantamiseksi apupumppuja, jotka voitiin asentaa suoraan pääjohtoon.

Säätölaitteet

Lämpöjohtoveden sekoituskytkentää eli ns. shuntti-kytkentää käytettiin kuuma- ja lämminvesijärjestelmissä sekoittamaan kuumaa kiertovettä kylmemmän paluueden kanssa lämmitykseen paremmin sopivaan lämpötilaan tai kohottamalla kattilaan menevän veden lämpötilaa. Järjestelmä perustui yleensä käsisäätöisen kolmitieventtiilin käyttöön menojohdoissa. Käsisäädöstä siirryttiin vähitellen 1950-luvun kuluessa menovesitermostaatin ohjaamaan moottoriventtiiliin. Tavallisimpia olivat sähkömoottorin ohjaamat venttiilit. Kalvo-ohjauksiset venttiilit saivat ohjausvoimansa jakoverkoston vedenpaineesta tai kompressorin ilmanpaineesta. Aluksi menovesitermostaatin lämpötila-asteikkoa säädettiin käsin ulkoilman lämpötilan perusteella. 1950-luvun lopulla käsisäädöstä siirryttiin vähitellen käyttämään säätökeskuksia lämmitysjärjestelmissä, joihin liitettiin ulkoilmatermostaatti ohjaamaan menoveden lämpötilaa. Parhaimmissa tapauksissa ulkoilmatermostaatteja asennettiin jokaiseen ilmansuuntaan. 1960-luvun lopussa säätöventtiilien kehitys johti kaksimoottoriventtiilien käyttöön. Myös kaukolämmön alajakokeskuksissa alettiin käyttää kyseistä venttiilityyppiä.

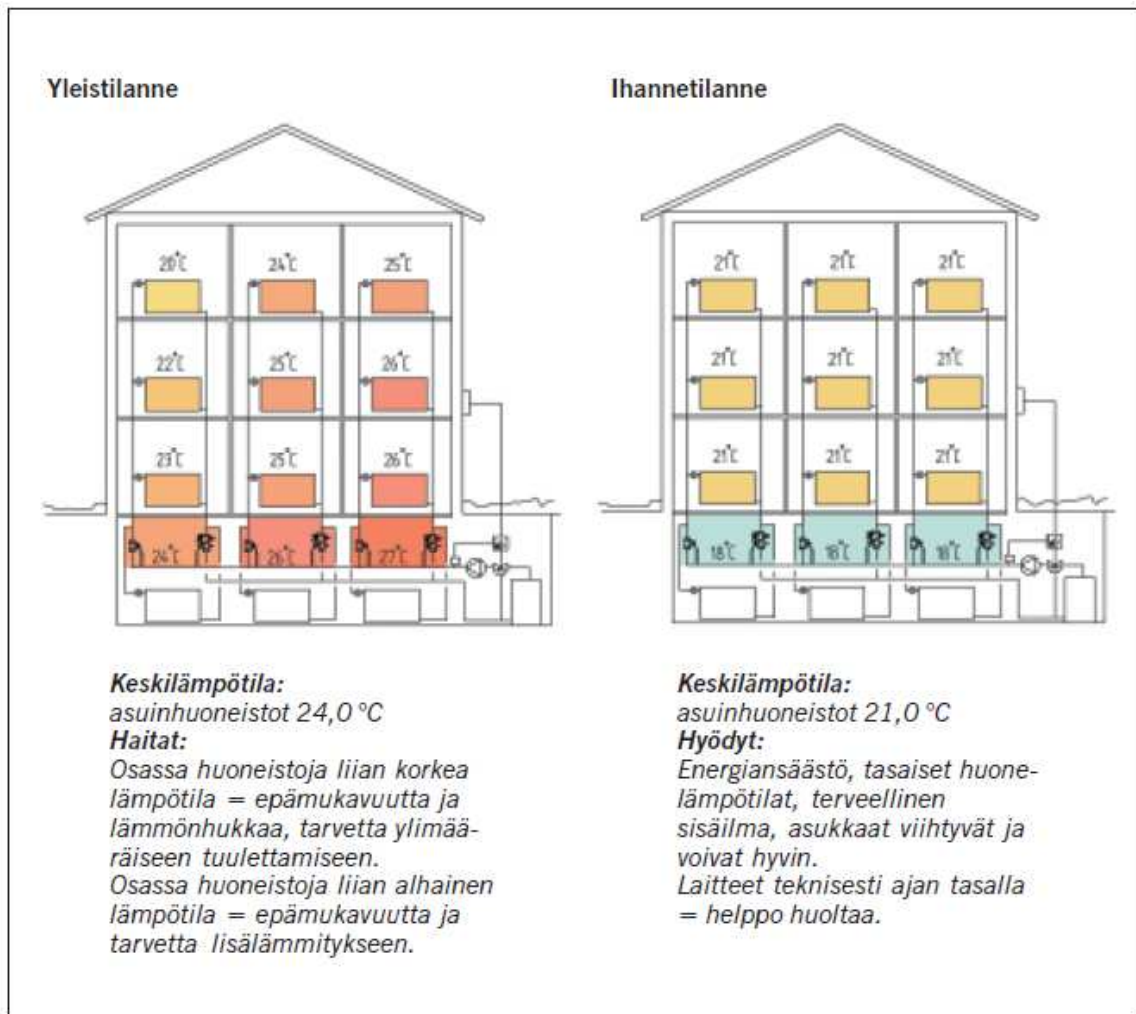
Vesivirtojen säätöä varten sijoitettiin putkijohdoin patterien yhteyteen säätöventtiilejä menojohdoin ja säätöyhdistäjiä paluujohdoin. Venttiilit säädettiin siten, että kierto muodostui tasaiseksi. Aikaisempien on-off-säätöjen asemasta pyrittiin valmistamaan lineaarisesti säätäviä

patteriventtiilejä ja säätötulppia. Termostaattiset patteriventtiilit tulivat lämmitysjärjestelmiin vasta 1970-luvulla. Sulkuventtiilejä käytettiin sulkemaan laitteita tai kokonaisia putkiryhmiä. Toisinaan sulkuventtiilit toimivat myös säätöventtiileinä. Luistiventtiilit olivat läpivirtausventtiileistä tavallisimmat. Parempaa tiiviyttä vaadittaessa käytettiin istukkaventtiilejä. Takaiskuventtiilejä käytettiin täyttöjohdoissa tai lauhdevesijohdoissa estämään lämpimän veden tunkeutuminen lisävesijohtoon. Varoventtiilit olivat istukkaventtiilejä, joiden keilassa oli jousi- tai painokuormitus. Pitkien ja suorien johtojen lämpölaajeneminen huomioitiin tavallisimmin käyttämällä avonaisia paisuntakaaria. Paisuntaholkkeja tai paljepisuntatasaaajia käytettiin vain, kun tilaa oli niukasti käytettävissä. (1, s. 177–178.)

4 PERUSSÄÄDÖN PERIAATE

Perussäädöllä pyritään tuottamaan säädettävään rakennukseen mahdollisimman tasaiset lämpöolot. Säättämättömissä rakennuksissa patterit jakavat lämpöä epätasaisesti huonetiloihin, minkä vuoksi järjestelmän eri osissa saattaa olla usean asteen lämpötilaeroja. Säädetty järjestelmä tuottaa tasaiset huonelämpötilat joka puolelle verkostoa. Onnistunut perussäätö parantaa asumismukavuutta ja pienentää lämmityskustannuksia.

Useimmiten perussäätämättömän lämmitysverkoston ongelmana ovat korkeat huonelämpötilat verkoston alkupäässä ja matalat huonelämpötilat verkoston kauimmaisissa osissa. Tämä johtuu veden ominaisuudesta virrata aina helpointa reittiä. Veden tasaista virtausta verkoston kauimmaisiin osiin voidaan hallita linjasäätö- ja patteriventtiileillä, joita säätämällä saadaan haluttu veden virtaus kaikkiin verkoston osiin. Säättämättömässä järjestelmässä energiaa kuluu hukkaan, koska vaikeimman osan huoneiston täytyy saada siedettävät lämpöolot eli n. 21 °C, jolloin lähinnä lämmönjakokeskusta sijaitsevat huoneistot ovat usein liian lämpimiä (kuva 1). Näistä huoneistoista reklamoidaan usein huoltoyhtiölle liian korkeista lämpötiloista ja huoneistoja viilennetään tuuletuksen avulla. (2, s. 12.)



KUVA 1. Asuinrakennuksen tyypillinen tilanne ennen perussäätöä ja tilanne perussäädön jälkeen (2, s. 13)

4.1 Perussäätötyön toteutus

Perussäätötyötä tilattaessa tilaajan tulee ottaa huomioon vuodenaika, jolloin säätötyö suoritetaan. Venttiileiden säätö ja linjasäätöventtiileiden virtausmittaukset voidaan suorittaa mihin vuodenaikaan tahansa, mutta huonelämpötilojen mittaus tulisi suorittaa lämmityskaudella, jolloin ulkolämpötila on tasaisesti $-15...-30$ °C. Mittausten aikana aurinko ei kuitenkaan saa paistaa mitattaviin huoneistoihin, koska tämä voi vääristää mittaustuloksia. Tällöin mittauksista saadaan suuntaa antavat tulokset lämmitysjärjestelmän toiminnasta. Virheitä mittaustuloksiin voi aiheittaa myös ulkolämpötilan vaihtelu, lämpökuormat asunnoissa esimerkiksi paikalla olevista ihmisistä sekä asuntojen tuulettaminen ja ilmanvaihto. Kesäaikaan tehtävä perussäätö tuo työhön omat haasteensa. Venttiileiden vaihto ja koko perussäätötyö onnistuu helpoimmin kesäaikaan, jolloin lämmityksen käyttökatkoista ei ole juurikaan haittaa huoneistojen asukkaille. Ongelmiksi

muodostuvat lähinnä huonelämpötilojen mittaukset, jotka on jätettävä seuraavaan talveen. Tilaajan kannattaa huomioida tarjousneuvotteluvaiheessa mittausten ajankohta, jolloin tilaaja voi esimerkiksi pidättää yhden maksuerän siihen asti, kun mittaukset on tehty. Näin saadaan varmistettua, että urakoitsija suorittaa urakan sopimuksen mukaisesti.

Lämmityskaudella suoritettavan perussäätöurakan etuna on, että työ saadaan tehtyä kerralla. Mikäli säätöurakkaan kuuluu venttiilien vaihto ja urakka toteutetaan lämmityskauden aikana, täytyy lämmitysverkosto tyhjentää venttiileiden vaihdon ajaksi. Tällöin on tilaajan varmistettava, että urakoitsijalla on tarpeeksi miehistystä työmaalla ja heillä on hyvät suunnitelmat työn suorittamisesta. Huonelämpötilojen mittaus voidaan suorittaa kahdella tavalla, joko termostaatit kiinnitettyinä tai irrotettuina. Ennen lämpötilojen mittausta on kuitenkin varmistettava, että ilmanvaihto on tasapainossa eikä aiheuta ylimääräisiä lämpökuormia huoneilmaan. (2, s. 14.)

4.1.1 Lämpötilamittaukset termostaatit irrotettuina

Kun termostaatit ovat irrotettuina, saadaan huonelämpötiloista arvot, jotka eivät huomioi ulkoisten kuormien vaikutusta lämpötilaan, eli ilman termostaattia patteriventtiili ei huomioi mahdollisista ihmisistä, kodinkoneista tai valaistuksesta ja auringosta tulevaa lämpökuormaa. Kun lämpötilamittauksia suoritetaan termostaatit irrotettuina, on huomioitava, että tiettyjen patteriventtiilien esisäätöarvoja pääsee helposti muuttamaan. Mikäli rakennus on lämpötilamittausten aikana asuttu, täytyy urakoitsijan ja tilaajan informoida asukkaita asiasta tai mahdollisesti asennettava suojahatut venttiileihin, kunnes lämpötilamittaukset on suoritettu ja termostaatit asennettu paikoilleen. Mikäli kyseessä on uudisrakennus tai asukkaat asuvat väliaikaisesti muualla remontin takia, ei esisäätöarvoihin koskemisesta tarvitse huolehtia. Lämpötilamittauksiin vaikuttavia tilapäisiä lämpökuormia ovat asuntojen mahdollinen tuuletus, ulkolämpötilan vaihtelu, joka vaikuttaa myös asunnon lämpötilaan, sekä auringonpaiste, joka voi vaikuttaa suurestikin lämpötilamittausten luotettavuuteen.

4.1.2 Lämpötilamittaukset termostaatit paikoillaan

Lämpötilamittaukset suoritetaan termostaattien ollessa paikoillaan niin, että patteriverkoston termostaatit ovat täysin auki asennossa. Menoveden lämpötila ei saa kuitenkaan olla liian korkea, jos menoveden lämpötila on korkea, niin termostaatit tasaavat lämpötilat. Tällöin mittauksissa tulee huomioida jokaisen asunnon ja huoneen yksilölliset lämpökuormat. Vaarana mittauksissa on, että asukkaat muuttavat termostaatin asentoa mittausten aikana. Mikäli säädettävän rakennuksen asunnot ovat asuttuja, tulee asukkaita informoida mittauksista ja ohjeistaa termostaattien käytöstä. Mikäli säätötyö on tehty lämmityskauden ulkopuolella ja lämpötilamittaukset lämmityskaudella, muodostuu ongelmaksi termostaattien asettaminen samaan asentoon. Tällaisten tapausten sattuessa kannattaa kohteen huoltomiehen kiertää asunnot läpi ja varmistaa termostaattien asennot sekä kertoa asukkaille miksi termostaatit on pidettävä täysin auki-asennossa.

4.2 Asuinkerrostalon säädön suunnittelu

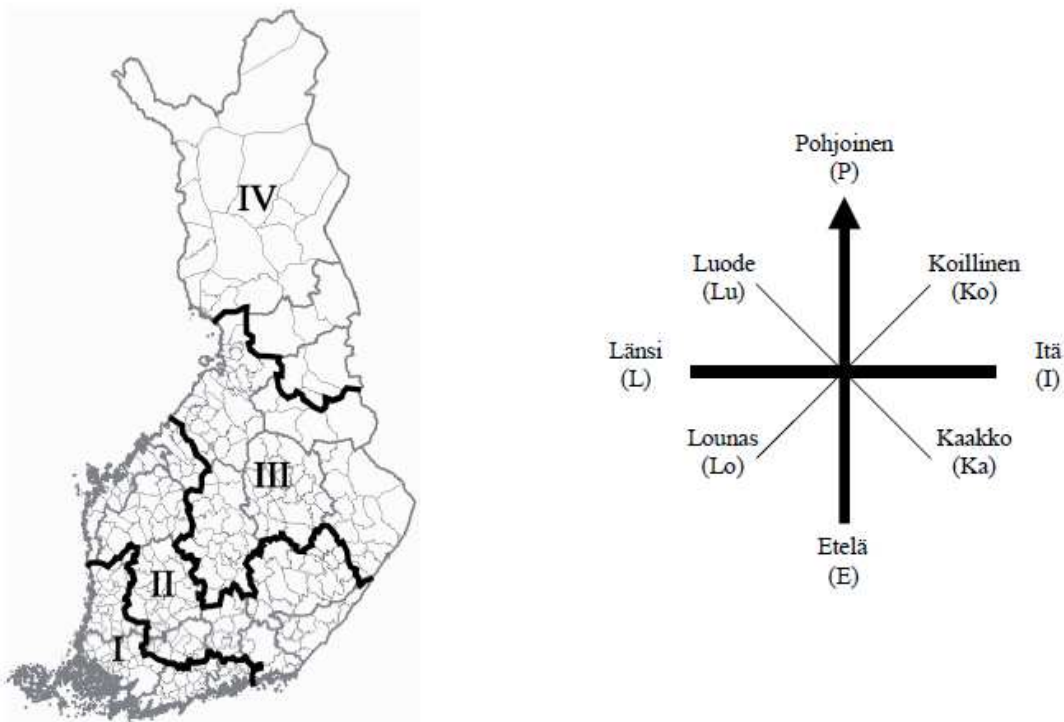
Suunnittelua aloitettaessa on hyvä selvittää, mitä toimenpiteitä tilaaja haluaa säädön yhteydessä tehtäväksi ja onko säätö seurausta jostain muusta, rakennukseen tehtävästä toimenpiteestä taikka epätasaisista lämpöoloista. Aluksi on hyvä tutustua rakennukseen ja sen rakenteisiin ja selvittää, kuinka vanhoja rakennuksen rakenteet ja talotekniikka ovat.

4.3 Toimenpiteet ennen suunnittelun aloittamista

Tilajalla tulisi olla hyvä käsitys säädettävästä kohteesta ja sen laitteistosta. Tilajalla tulee olla tiedossa säädettävän kohteen laitteistojen iät sekä kiinteistöön tehdyt korjaustoimenpiteet. Näin varmistetaan, ettei laitteistoja uusita turhaan. Perussäätö on yleensä seurausta rakennuksen epätasaisista lämpöoloista tai jonkin lämmitysjärjestelmän osan elinkaaren päättymisestä. Usein korjauskohteita ovat mm. patteri- ja linjasäätöventtiilit, lämmönjakokeskuksen uusiminen tai rakennuksen rakenteiden korjaaminen/parantaminen. Karkeasti arvioituna lämmönjakokeskus sekä lämmitysverkoston venttiilit tulisi uusida noin 20 vuoden välein.

4.4 Lämmitystehontarpeen laskenta

Kun rakennuksen perussäättöä aletaan suunnittelemaan, täytyy tietää rakennuksen lämmitykseen tarvittava teho. Ohjeet lämmitystehontarpeen ja energiankulutuksen laskennalle on annettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5. Suomi on jaettu neljään eri säävyöhykkeeseen, joilla kullakin on oma laskennallinen mitoituslämpötilansa. Lämpötilavyöhykkeet on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 (kuva 2). (3, s. 59.)



Kuva L2.1. Säävyöhykkeet.

Taulukko L2.1. Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.		
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4

KUVA 2 Säävyöhykkeet (4, s. 29.)

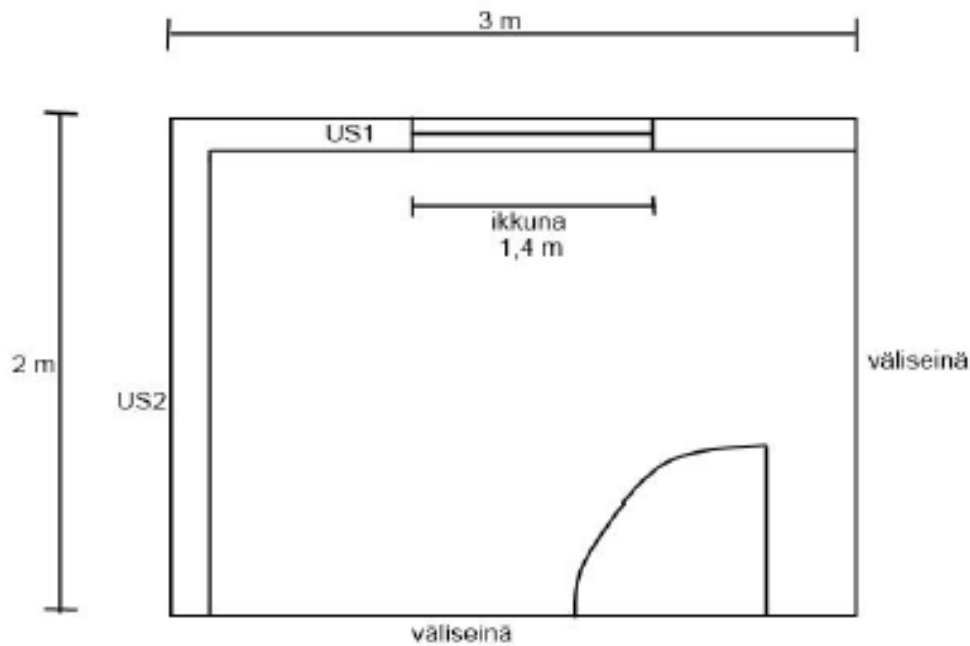
Rakennuksissa on ylä- ja alapohjat sekä ulkoseinät, joiden läpi johtuu lämpöenergiaa. Sisäilman lämmitykseen tarvitaan huoneistokohtaisia lämmityslaitteita eli pattereita. Patterit sijoitetaan useimmiten ulkoseinälle ikkunoiden alle, mistä johtuu eniten kylmää ilmaa sisään. Joissain

ikkunoissa voi olla myös korvausilmaventtiilit ikkunoiden yläkarmeissa, joista otetaan korvausilma huoneistoon. Tällöin ikkunan alla olevan patterin lämpöenergia sekoittuu mahdollisimman tehokkaasti kylmään tuloilmaan.

Lämmitystehontarpeen laskenta aloitetaan selvittämällä ylä- ja alapohjien, ulkoseinien, ikkunoiden ja ovien lämmönläpäisykertoimet eli U-arvot. U-arvo saadaan koko rakenteen yhteenlasketun lämmönvastuksen käänteisluvusta. (2, s. 17.)

Laskuesimerkkinä on huone, joka on rakennuksen kulmahuone, jossa kaksi seinää ovat ulkoseiniä ja kaksi seinää väliseiniä muihin huoneisiin. Huoneen lämmittämiseen tarvittava teho lasketaan kahden ulkoseinän ja niissä sijaitsevien ovien ja ikkunoiden U-arvojen ja pinta-alan avulla. Ikkunoiden ja ovien mitat mitataan karmien ulkopintojen mitoilla. Rakennuksen alapohjan pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä. Alapohjan läpivientejä ei vähennetä laskelmista. Yläpohjien pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti aukkoja tai läpivientejä vähentämättä. Välipohjien pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti vähentämättä aukkoja. Ulkoseinien pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaisesti lattiapinnasta yläpohjan alapintaan. Ulkoseinien pinta-alan laskennassa vähennetään kokonaispinta-alasta ulkoseinällä olevien ovien ja ikkunoiden lasketut pinta-alat. (3, s. 4–5.)

Kuvassa 3 on esimerkki viisikerroksisen rakennuksen kolmannessa kerroksessa sijaitsevan kulmahuoneen lämmitystehontarpeen laskennasta.



KUVA 3. Esimerkkihuone

Huoneen sijaitessa keskikerroksissa ei ylä- tai alapohjaa tarvitse ottaa huomioon, sillä lämpötila on sama ylä- sekä alapuolella olettaen, että rakennuksen muissa kerroksissa on asuinhuoneistoja. Seinien U-arvoksi on saatu $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ikkunoiden U-arvoksi $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Huoneen lämmitystehontarpeen muodostavat johtumisteho rakenteiden läpi, tilan vuotoilman tarvitsema teho ja kylmän tuloilman lämmitykseen tarvittava teho. Aluksi täytyy kuitenkin laskea ulkoseinien pinta-alat sekä ovien ja ikkunoiden pinta-alat, joita tarvitaan lämmitystehontarpeen ja tarkemmin johtumistehojen laskennassa. Laskennassa tulee huomioida ulkoseinillä olevien aukkojen pinta-ala, sillä esimerkiksi ikkunoilla on eri U-arvo kuin seinillä. Ulkoseinien pinta-alasta tulee siis vähentää seinissä olevien aukkojen pinta-alat ja laskea aukkojen tuottamat lämpöhäviöt erikseen.

Lähtöarvot:

Ulkoseinien paksuus = $0,3 \text{ m}$

$A_{\text{vaippa}} = 16,9 \text{ m}^2$ (huoneen vaipan ala)

$A_{\text{US1}} = 2,7 \text{ m} * 2,8 \text{ m} = 7,56 \text{ m}^2$

$A_{\text{US2}} = 1,7 \text{ m} * 2,8 \text{ m} = 4,76 \text{ m}^2$

$A_{\text{ikkuna}} = 1,4 \text{ m} * 2,0 \text{ m} = 2,8 \text{ m}^2$

$$V_{\text{huone}}(\text{huonekorkeus } 2,8\text{m}) = 1,7 \text{ m} * 2,7 \text{ m} * 2,8 \text{ m} = 12,9 \text{ m}^3$$

$$q_{\text{poisto}} = 0,009 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_{\text{tulo}} = 0,007 \text{ m}^3/\text{s}$$

T_s = sisäilman mitoituslämpötila, joka on yleensä 21°C (5, s. 6)

$T_{u,\text{mit}}$ = ulkoilman lämpötila mitoitusolosuhteissa.

Ulkoilman mitoituslämpötila saadaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta D3, jossa Suomen kartta on jaettu neljään säävyöhykkeeseen. Tässä esimerkissä käytetään säävyöhykettä 3, joka on keskisen Suomen vyöhyke (kuva 2). Mitoituslämpötila vyöhykkeellä 3 on -32 °C. (4, s. 29.)

Huonelämmitys lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5 mukaan. Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve lasketaan kaavalla 9.2. (3, s. 60.)

$$\Phi_{\text{tila}} = \Phi_{\text{joht}} + \Phi_{\text{vuoto iv}} + \Phi_{\text{iv tulo}} + \Phi_{\text{korvaus iv}}$$

$$\Phi_{\text{tila}} = 151,3 \text{ W} + 39 \text{ W} + 445,2 \text{ W} + 127,2 \text{ W} = 762,7 \text{ W}$$

Johtumislämpöhäviöt rakennusosien läpi lasketaan jokaiselle rakennusosalle Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan kaavalla 9.4. (3, s. 61.)

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{joht}} &= (0,30 * (7,58 - 2,8)) + (0,30 * 4,76) + (1,0 * 2,8) * (21 - (-32)) \\ &= 151,3 \text{ W} \end{aligned}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan kaavalla 9.6. (3, s. 61.)

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{vuotoilma}} &= 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ J/(kg K)} * 0,000626 \text{ m}^3/\text{s} * (21 - (-32)) \\ &= 39 \text{ W} \end{aligned}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarpeen selvittämiseksi täytyy selvittää q_v , vuotoilma, joka lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 3.9 (3, s. 19)

$$q_v, \text{vuotoilma} = (2/(3600 \cdot 15)) \cdot 16,9 \text{ m}^2 \\ = 0,000626 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tilassa tapahtuva tuloilman lämpenemisen lämpöteho lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 9.7. (3, s. 62.)

$$\dot{Q}_{\text{tuloilma}} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1000 \text{ J/(kg K)} \cdot 0,007 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (21 - (-32)) \\ = 445,2 \text{ W}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavalla 9.8. (3, s. 62.)

$$\dot{Q}_{\text{korvausilma}} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1000 \text{ J/(kg K)} \cdot 0,002 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (21 - (-32)) \\ = 127,2 \text{ W}$$

4.5 Verkoston mallinnus MagiCAD-ohjelmalla

Kun olemassa olevaa verkostoa mallinnetaan, tulee se toteuttaa mahdollisimman tarkasti olemassa olevien asennusten mukaisesti. Putkia piirrettäessä täytyy huomioida jokapaikassa erikseen olemassa oleva putkikoko ja valita ohjelmaan vastaava koko ja lukita se, ettei järjestelmää tasapainotettaessa ohjelma muuta kokoa itsekseen. Pattereita asetettaessa ei ole välttämätöntä valita juuri vastaavaa patteria, joka on jo olemassa olevassa järjestelmässä, vaan valitaan vastaavaan kokoinen patteri ja syötetään sille haluttu teho. Näin ohjelma pystyy laskemaan patterille tarvittavan vesivirran.

Normaalisti lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa, kun putkisto on piirretty, valitaan ohjelmiston valikosta painike sizing, joka mitoittaa verkoston putkikoot optimaaliseksi. Tämän jälkeen samasta valikosta valitaan balancing, joka tasapainottaa järjestelmän. Olemassa olevaan verkostoon ei saa mitoittaa putkikokoja uudestaan, koska tämä vääristää tasapainotuksen tuloksen. Siksi valitaankin

suoraan valikosta balancing, jolla järjestelmä tasapainotetaan. Tuloksena saadaan linjasäätö- ja patteriventtiileille esisäätöarvot, jotka asetetaan perussäädön yhteydessä venttiileihin. Saaduista tuloksista voidaan muodostaa taulukko, joissa venttiilit on numeroitu ja jokaiselle venttiilille on ilmoitettu esisäätöarvo, kv-arvo ja paine-ero sekä virtaama.

4.6 Patteri- ja linjasäätöventtiilien virtaaman määrittäminen

Putkistojen virtaamat lasketaan tehon kaavalla:

$$\dot{Q} = \rho * c * q * \Delta T$$

Kaava käännetään seuraavaan muotoon, jotta saadaan virtaama selville:

$$q = \dot{Q} / \rho * c * \Delta T$$

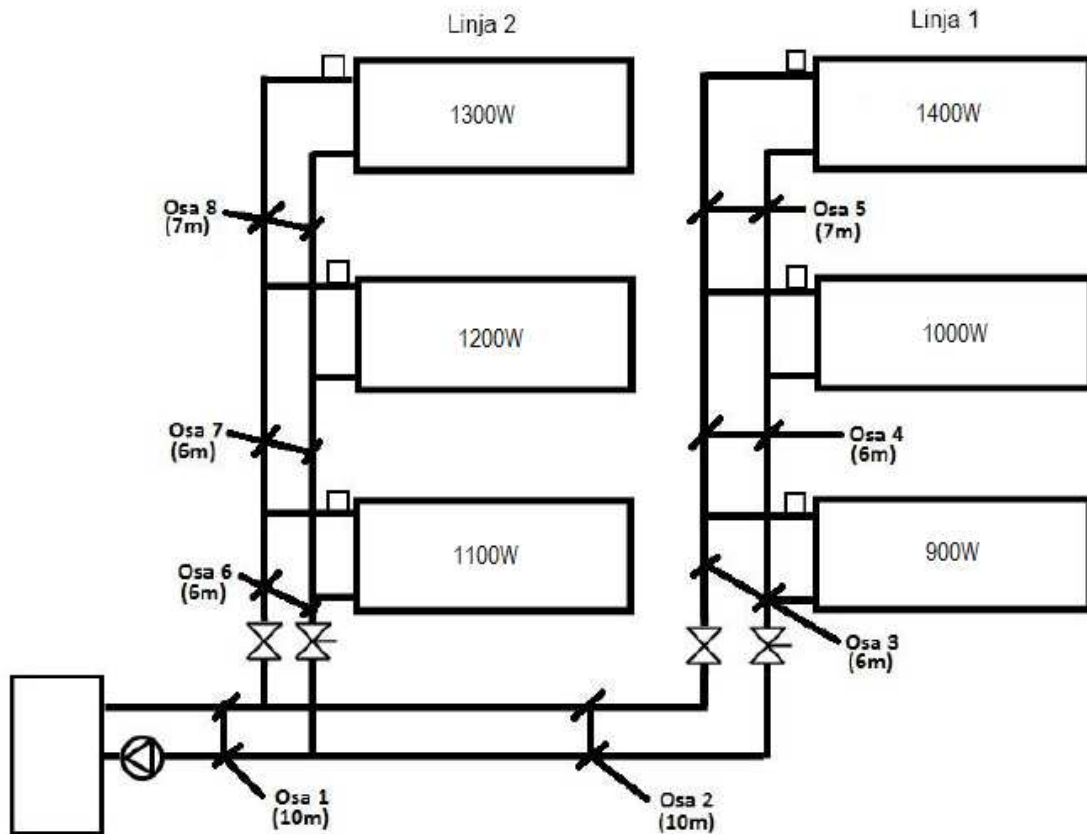
\dot{Q} = teho watteina W

ρ = veden tiheys, likiarvona voidaan käyttää 1000 g/cm³

c = veden ominaislämpökapasiteetti, likiarvona voidaan käyttää 4,2 KJ/K*kg

q = veden virtaama l/s

ΔT = meno- ja paluuvien lämpötilaero



Kuva 4. Kahden linjan lämpöjohtoverkosto

Esimerkki virtaaman laskennasta:

Käytettävät arvot:

\emptyset = Patterin teho

ρ = veden tiheys 1000 g/cm³

c = veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 KJ/K*kg

ΔT = Menovesi 60 °C - paluuvesi 40 °C = 20 °C

Linja 1 virtaaman laskenta:

$$q = 900W + 1000W + 1400W / 1000 \text{ g/cm}^3 * 4,2 \text{ KJ/K*kg} * (60 - 40)$$

$$q = 0,0392 \text{ l/s}$$

Linja 2 virtaaman laskenta:

$$q = 1100W + 1200W + 1300W / 1000 \text{ g/cm}^3 * 4,2 \text{ KJ/K*kg} * (60 - 40)$$

$$q = 0,0428 \text{ l/s}$$

Tällä tavoin voidaan laskea nousulinjan virtaama, kun lasketaan nousulinjan pattereiden ja putkiston teho ja muutetaan se virtaamaksi. Samaa laskumenetelmää sovelletaan jokaiseen nousulinjaan, jolloin saadaan selville virtaama kaikista linjoista.

4.7 Esisäätöarvojen määrittäminen

Kun rakennuksen linja- ja patterikohtaiset virtaamat on selvitetty, voidaan alkaa tarkastella esisäätöarvoja patteriventtiileille ja linjasäätöventtiileille. Jokaisella venttiilivalmistajalla on venttiileille K_v -arvokäyrät, joiden avulla voidaan määrittää jokaiselle venttiilille oma esisäätöarvo.

Patteriventtiilien esisäätöjen määrittämiseen tarvitaan patterin teho, joka muutetaan virtaamaksi ja patteriventtiin paine-ero, joka on tässä esimerkissä jokaiselle patterille 4kPa. Esisäätöarvot määritetään tässä esimerkissä Liite 1:n mukaan.

Linjan 1 patteriventtiilien esisäätöarvot:

- 1400 W:n patterin esisäätöarvo 3,5
- 1000 W:n patterin esisäätöarvo 3
- 900 W:n patterin esisäätöarvo 2,5

Linja 2 patteriventtiilien esisäätöarvot:

- 1300 W:n patterin esisäätöarvo 3,5
- 1200 W:n patterin esisäätöarvo 3,5
- 1100W:n patterin esisäätöarvo 3

Kun pattereiden esisäätöarvot on määritetty, voidaan siirtyä määrittämään verkoston linjasäätöventtiilien esisäätöarvot kunkin linjan virtaaman ja paine-eron avulla. Esisäätöarvot katsotaan valmistajan virtaamakäyrästä. (Liite 2).

Linja 1 linjasäätöventtiin virtaamaksi saatiin 141,12 l/h. Linja 1:n ollessa verkoston vaikein linja, varattiin linjasäätöventtiilille 3 kPa:n paine- ero. Taulukosta esisäätöarvoksi saadaan 3 ja K_v -arvoksi 0,68.

Linja 2 linjasäätöventtiin virtaamaksi laskettiin 154,08 l/h. Koska tässä esimerkissä ei ole laskettu linja 2:n paine-eroa, oletetaan paine-eroksi 3,5 kPa. Taulukosta esisäätöarvoksi saadaan 3,5 ja k_v -arvoksi 0,8.

5 TEHONMÄÄRITYKSEN TULOKSET

Rakennuksen tasapainotussuunnitelma toteutettiin selvittämällä ensimmäisenä rakenteiden U-arvot. Kohteen piirustusten iästä johtuen jouduttiin kuitenkin turvautumaan osaksi oletusarvoihin ja rakennuksen valmistumisen ajankohdalle tyypillisiin rakenneratkaisuihin, joiden avulla pystyttiin määrittämään lopulliset U-arvot ja sen myötä tehontarve rakennukseen. Tehontarpeen laskennan tulos tarkistettiin laskemalla energialaitokselta saaduista tuntisista keskienergioista taloyhtiön todellinen tehontarve. Tässä tuli huomioida, että energiankulutus täytyi laskea aamuyön tunneilta, jolloin lämpimän käyttöveden kulutus on pienimmillään.

5.1 Tehon määrittäminen tuntisista keskienergioista

Muutetaan energialaitokselta saadut mitatut tuntiset keskienergiat tehoksi vähentämällä klo. 5.00 mitattu energia klo 4.00 mitatusta energiasta (6).

$$Q_1 = 2774,8 \text{ MWh}$$

$$Q_2 = 2774,67 \text{ MWh}$$

$$Q = Q_1 - Q_2 \Rightarrow 2774,8 \text{ MWh} - 2774,67 \text{ MWh} = 0,13 \text{ MWh}$$

$$\phi = Q / 1\text{h}$$

$$\phi = 0,13 \text{ MWh} / 1\text{h}$$

$$= 0,13 \text{ MW}$$

Saatu teho muunnetaan kilowateiksi

$$0,13 \text{ MW} * 1000 = 130 \text{ kW}$$

Tämän jälkeen lasketaan konduktanssi, johon on tarkistettu ulkolämpötila siltä ajankohdalta, milloin energiamittaus on suoritettu, tässä tapauksessa 15.2.2015 klo 3.50, jolloin ulkolämpötila oli $-19 \text{ }^\circ\text{C}$ (7).

$$G = \phi / (T_s - T_u)$$

$$G = 130 \text{ kW} / (22^{\circ}\text{C} - (-19^{\circ}\text{C}))$$

$$= 3,171 \text{ kW}/^{\circ}\text{C}$$

Tämän jälkeen voidaan laskea lopullinen lämmitykseen käytettävä teho mitoitusilanteessa.

$$\dot{Q}_{-32} = G * (T_s - T_u)$$

$$\dot{Q}_{-32} = 3,171 \text{ kW}/^{\circ}\text{C} * (22^{\circ}\text{C} - (-32^{\circ}\text{C}))$$

$$= 171,22 \text{ kW}$$

5.2 Tehojen jakaminen

As Oy Nokelantie 48:aan kuuluu kaksi samankokoista kerrostaloa, A- ja B- talot. Lämmönsiirrin sijaitsee A-talossa. Tässä opinnäytetyössä on keskitytty kuitenkin vain B-talon tasapainotukseen. Edellä laskettu teho jakaantuu siis kahdelle kerrostalolle, mutta tehoja ei voida jakaa suoraan kahteen osaan, koska talot eivät ole täysin toisiaan vastaavia tilavuudeltaan. Tehot täytyy näin ollen jakaa talojen kuutiutilavuuden suhteessa, jotta teho jakaantuu oikein.

$$V_{\text{A-talo}} = 4383,5 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{B-talo}} = 4993 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{A-talo}} + V_{\text{B-talo}} = 9376,5 \text{ m}^3$$

$$171,22 \text{ kW} / 9376,5 \text{ m}^3 = 0,0182 \text{ kW}/\text{m}^3$$

$$\dot{Q}_{\text{A-talo}} = 4383,5 \text{ m}^3 * 0,0182 \text{ kW}/\text{m}^3 = 79,78 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{\text{B-talo}} = 4993 \text{ m}^3 * 0,0182 \text{ kW}/\text{m}^3 = 90,87 \text{ kW}$$

$$(99,3 \text{ kW} - 90,87 \text{ kW}) / 90,87 \text{ kW} \Rightarrow (8,43 \text{ kW} / 90,87 \text{ kW}) * 100 = 9,17 \%$$

Oletetuilla U-arvoilla B-talon lasketuksi tehoksi saatiin 99,3 kW. Tästä voidaan päätellä, että oletetut rakenteet ja ilmavirrat eivät vastaa täysin todellisuutta. Tehontarve laskennassa on kuitenkin olemassa 10 %:n toleranssi. Tulos on siis riittävän tarkka, koska ero on alle 10 %.

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tasapainottaa vesikiertoinen patterilämmitysjärjestelmä 1959 valmistuneeseen kerrostaloon. Opinnäytetyön kohteessa oli siirrytty kaukolämpöön 90-luvulla, jolloin oli hankittu uusi lämmönsiirrin, joka palvelee kahta lähes samankokoista kerrostaloa. Itse lämmitysverkostoa ei todennäköisesti ole koskaan tasapainotettu kummassakaan talossa, minkä vuoksi rakennuksissa oli useamman asteen yllämpö ja sen myötä korkea energiankulutus.

Työ aloitettiin määrittämällä rakenteiden U-arvot, jotta päästiin käsiksi lämmitystehontarpeen laskentaan. Tästä muodostui kuitenkin ongelma, koska rakenteista ei ollut olemassa tarkkoja piirustuksia eikä rakenteita lähdetty fyysisesti avaamaan joiden perusteella U-arvot olisi voitu tarkemmin määrittää. Tämän vuoksi U-arvot jouduttiin määrittämään oletuksilla perustuen 1950- ja 1960-luvun rakennustapoihin.

Lämmitystehontarpeen laskennan tuloksena saatiin 9,17 % ylimitoitettut tulokset, perustuen Oulun energialta saatuihin tuntisiin keskienergioihin, joiden avulla määriteltiin redusoitu lämmitystehon tarve. Tämän perusteella järjestelmän mallinnuksessa ja tasapainotuksessa saatuja tuloksia voidaan pitää riittävän luotettavina. Toinen tuloksiin vaikuttava tekijä oli, että rakennuksessa ei päästy kaikkiin tiloihin varmistamaan, onko asennukset suoritettu piirustusten mukaisesti ja onko tiloja remontoitu ja muokattu rakennuksen valmistumisen jälkeen.

LÄHTEET

1. Malinen, Maarit – Mäkiö, Erkki – Neuvonen, Petri – Sinkkilä, Jyrki – Tuunanen, Anna-Maija 1990. Kerrostalot 1940–1960. Porvoo: WSOY.
2. Holmberg, Sami 2012. Vesikiertoisen patterilämmityksen perussäätö. Opinnäytetyö. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu, rakennusalan työjohto. Saatavissa: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/45906/Holmberg_Sami.pdf?sequence=1. Hakupäivä 20.2.2015.
3. D5 (2012). 2012. Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2012. Suomen rakennusmääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: <http://www.ym.fi/rakentamismaaraykset>. Hakupäivä 25.2.2015.
4. D3 (2012). 2011. Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: <http://www.ym.fi/rakentamismaaraykset>. Hakupäivä 3.3.2015.
5. D2 (2012). 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: <http://www.ym.fi/rakentamismaaraykset>. Hakupäivä 12.3.2015.
6. Mikkola, Paavo 2015. Re: As Oy Nokelantie 48 tuntisarjat. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Miika Mustaniemi. 26.3.2015.
7. Oulu päivittäinen säähistoria. 2015. Freemeteo.fi. Saatavissa: <http://freemeteo.fi/saa/oulu/historia/paivittainenhistoria/?gid=643492&station=1060&date=2015-02-15&language=finnish&country=finland>. Hakupäivä 27.4.2015.

LIITTEET

Liite 1 Termostaattisen patteriventtiilin säätökäyrä

Liite 2 Linjasäätöventtiilin säätökäyrä

Liite 3 Nokelantie 48 kellarikerros pohjakuva

Liite 4 Nokelantie 48 1 kerros pohjakuva

Liite 5 Nokelantie 48 2 kerros pohjakuva

Liite 6 Nokelantie 48 3 kerros pohjakuva

Liite 7 Nokelantie 48 4 kerros pohjakuva

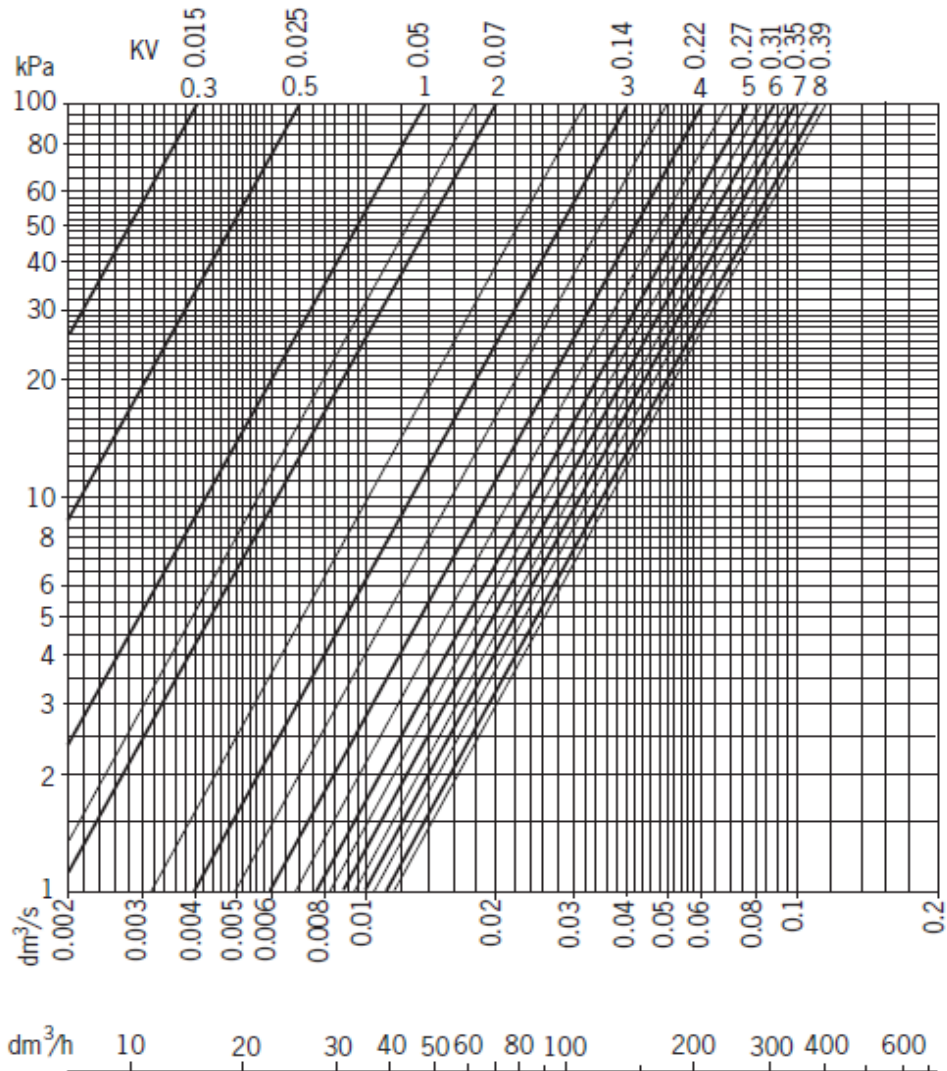
Liite 8 Nokelantie 48 lisäsiipi kellarikerros pohjakuva

Liite 9 Nokelantie 48 lisäsiipi 1 kerros



Venttiilit/Säätökäyrät

Termostaattinen patteriventtiili DN 10, DN 15 Oras Stabila



Virtamakäyrät on laadittu vedelle. Muiden nesteiden, esim. glykolin, erilainen viskositeetti muuttaa käyrää. Ohjeita ja kertoimia saa valmistajalta.

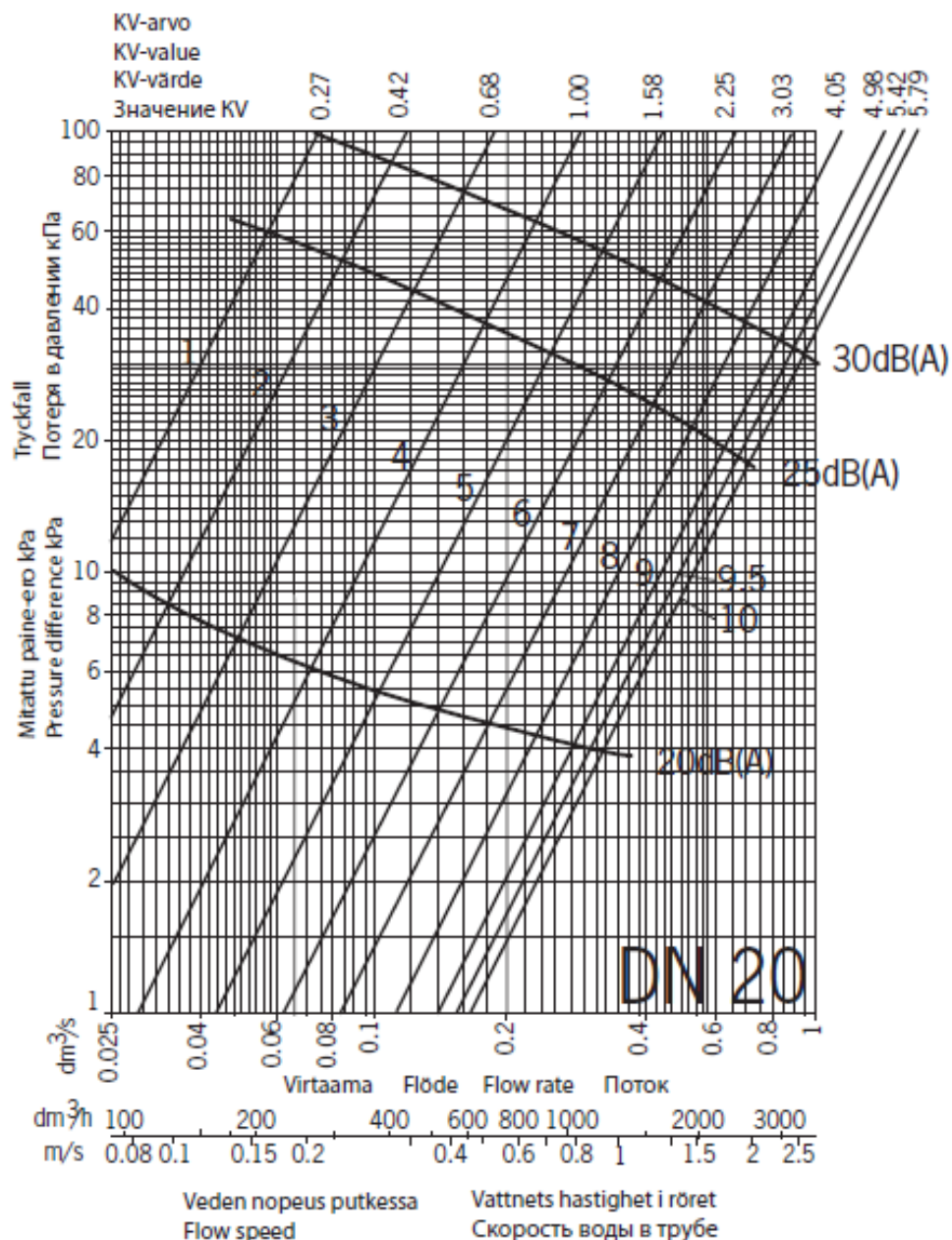


Venttiilit/Säätökäyrät

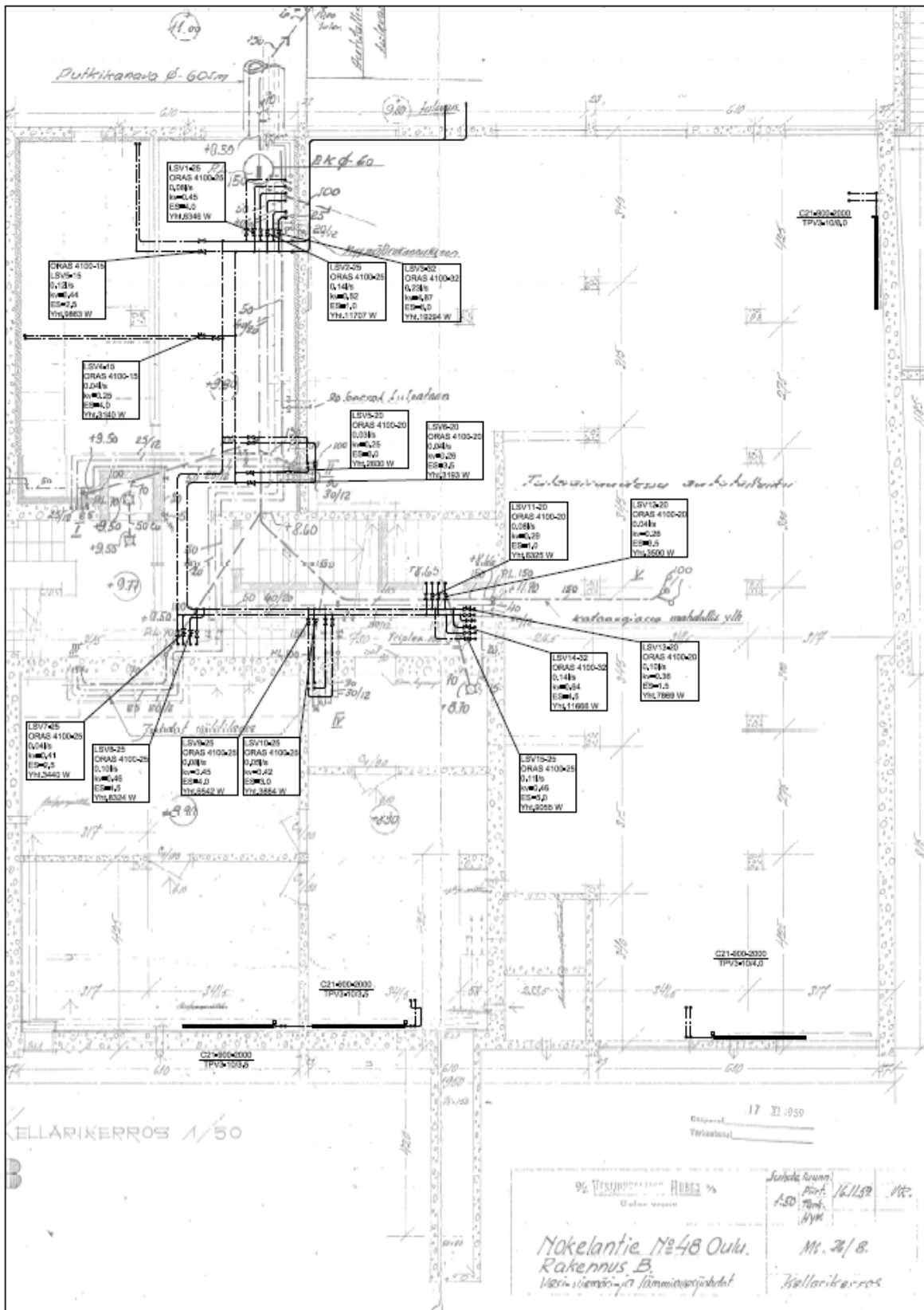
Linjasäätöventtiili / 410020

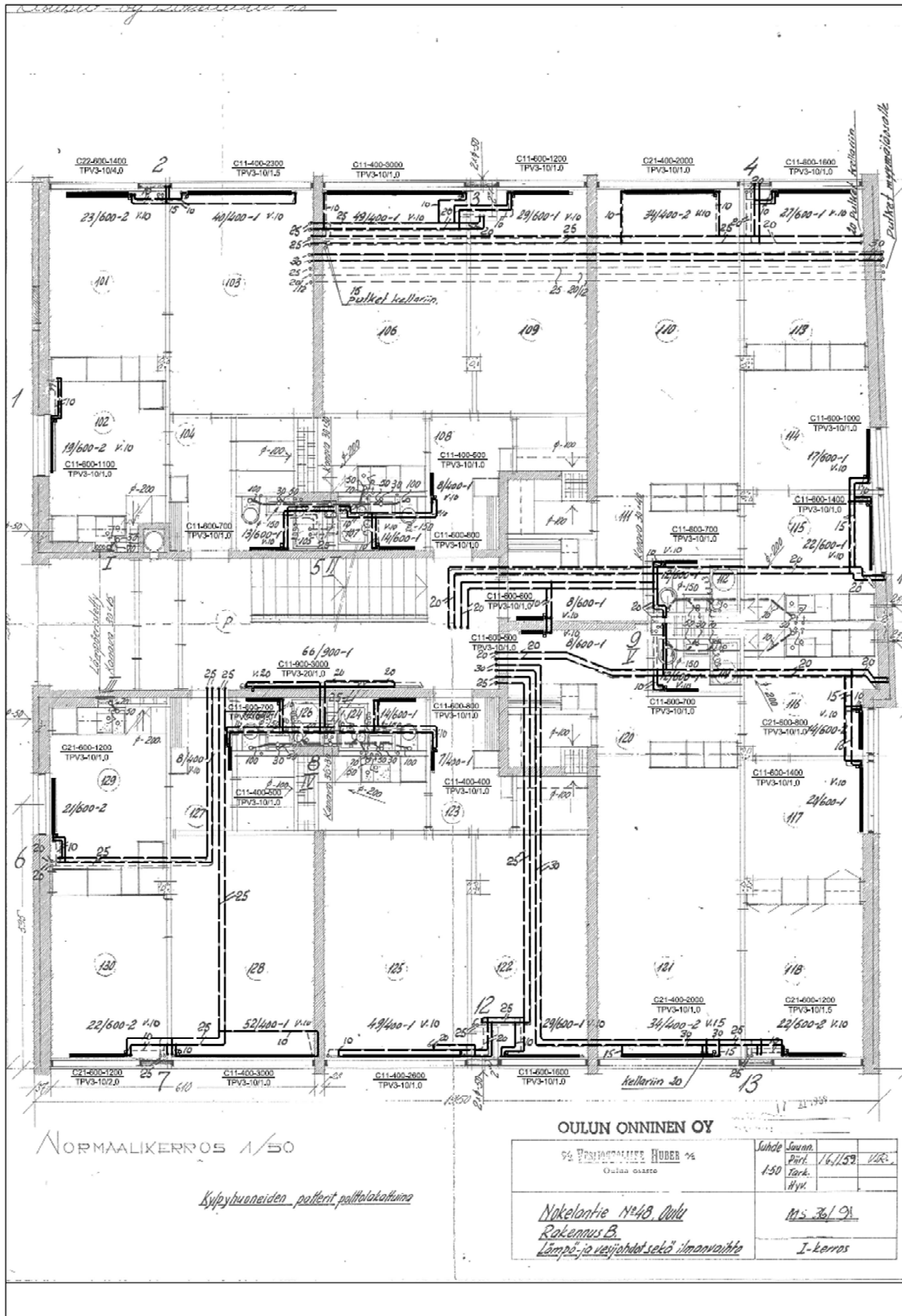
Pumpunsäätöventtiili / 411018 / 411022

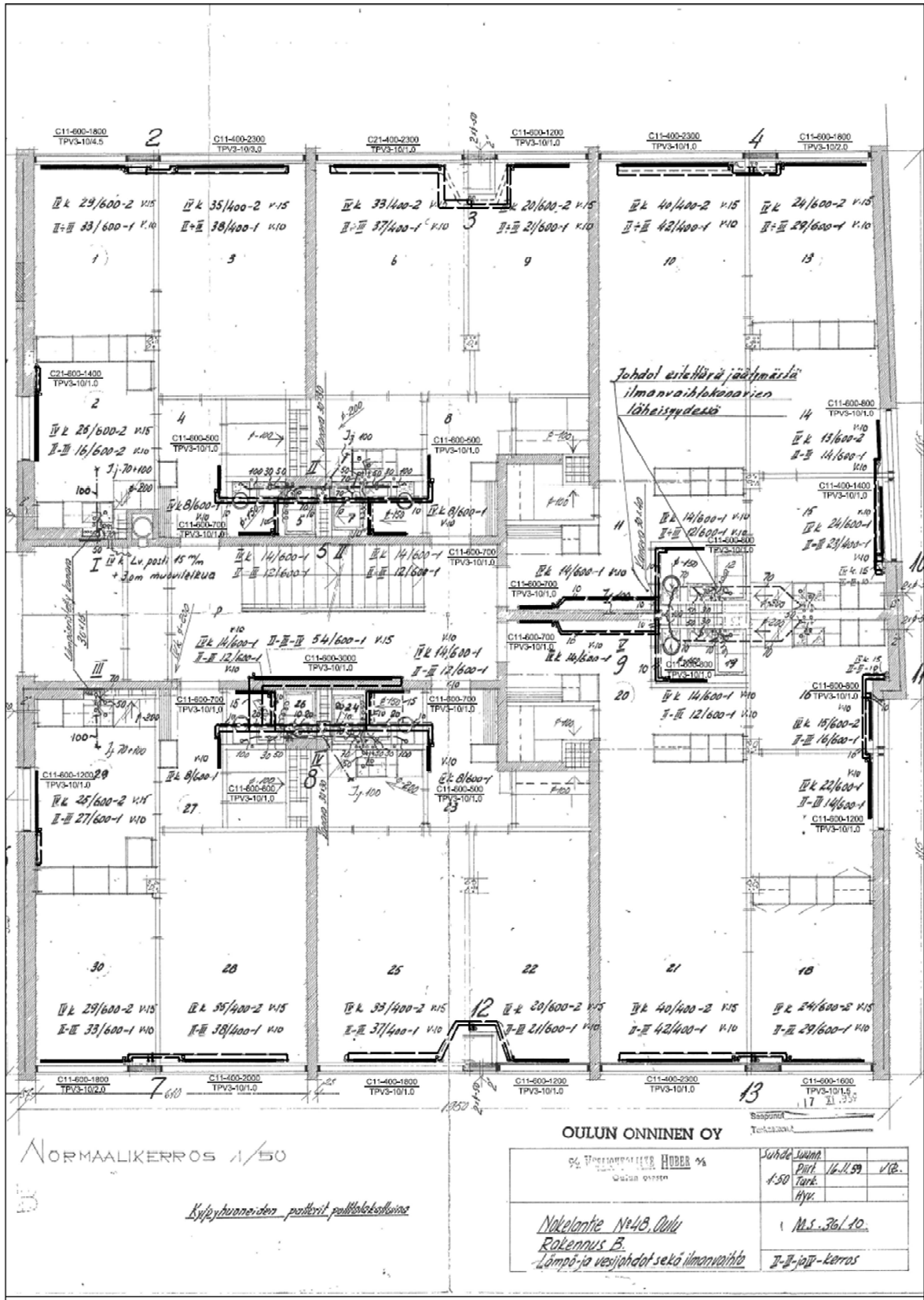
LVK-linjasäätöventtiili / 412018 / 412022

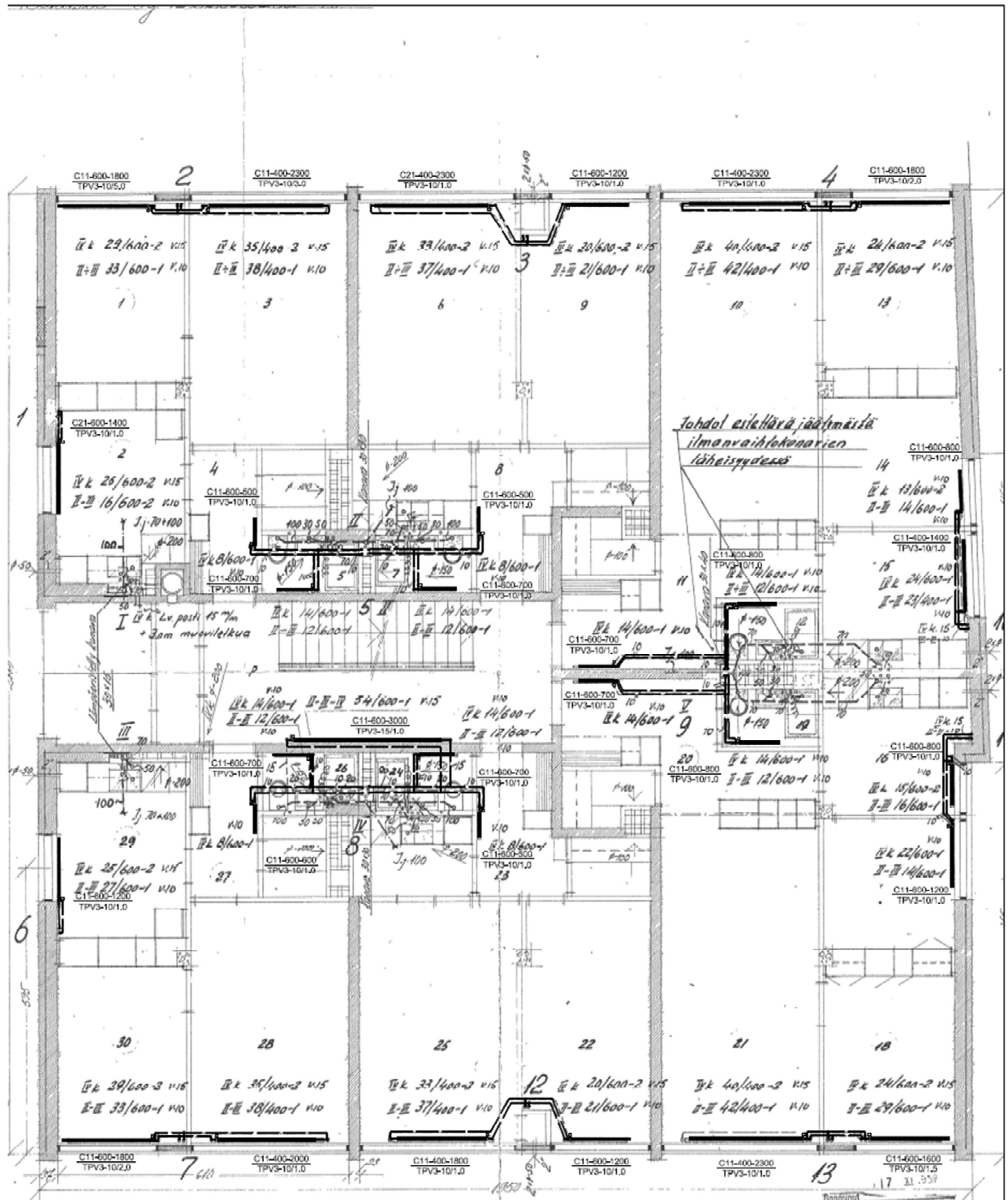


Virtaamakäyrät on laadittu vedelle. Muiden nesteiden, esim. glykolin, erilainen viskositeetti muuttaa käyrää. Ohjeita ja kertoimia saa valmistajalta.









NORMAALIKERROS 1/50

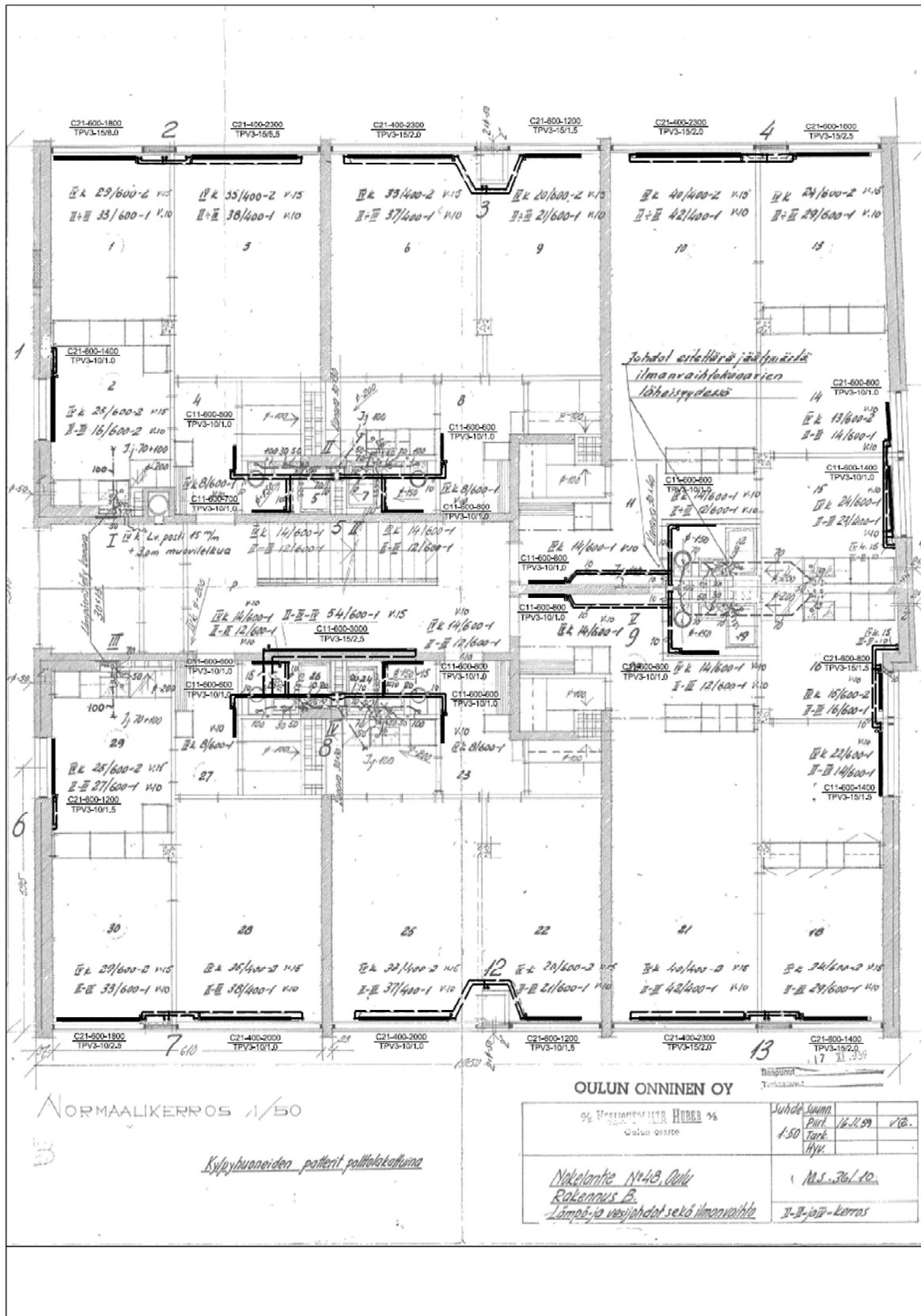
Käyttöpaneelien paikat puhtautussuussa

OULUN ONNINEN OY

92	PROJEKTOINTI HUBER OY	Suhteellinen	
	Oulun osasto	Piir.	16.11.99
		Tark.	
		Hyt.	
Nokelantie N:o 4B, Oulu		M.S. 36/10.	
Rakennus B.		II-II-joukko -kerros	
Lämpö- ja vesijohdot sekä ilmanvaihto			

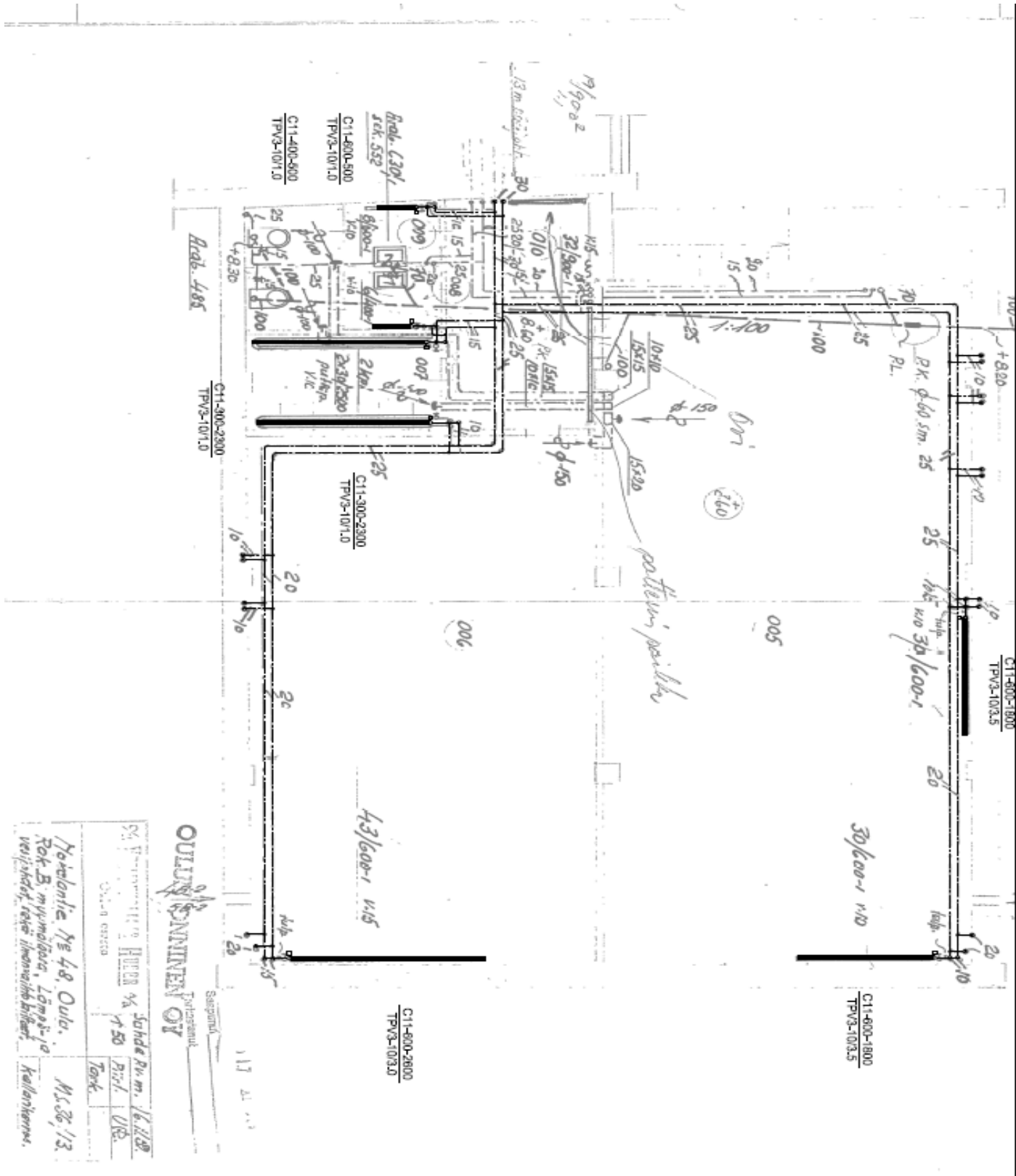
Seppälä

17.11.99



ÖLJUN ONNINEN OY

% UUSI HUBER % Oulu este	Suora luvut Pirtti 16.2.99 Tark. v.16. Hyv.
Nikelantie 1416, Oulu Rakennus B. Lämpö- ja viijähdät sekä ilmanvaihto	1. Mt. 301.10. 3-3-pö-kerros



OULU KÄNNINEN OY
 Puutarhentie
 Sääksmäki

5% V... HEEN ¼ Järde Pu.m. 6/2/29
 Oulun seutu 1-50 Pöyd. O/S
 Toimiston N:o 48, Oulu. M.36/13
 Rak. B. myymäläosa, Loppo-10
 veijäsiipin sekä liianvalittu billett.
 Kallanharju.

