

Sami Holmberg

Vesikiertoisen patterilämmityksen perussäätö

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Rakennusmestari (AMK) -tutkinto
Rakennusalan työjohto
Opinnäytetyö
Päivämäärä 9.5.2012

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Sami Holmberg Vesikiertoisen patterilämmityksen perussäätö 34 sivua + 5 liitettä 9.5.2012
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikan työnjohto
Ohjaaja(t)	lehtori Jyrki Viranko
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella vesikiertoisen patterilämmityksen perussäädön toteutusta ja perussäätötyön vaiheita. Päätaavoite oli tuottaa työ, jonka avulla opintojensa loppusuoralla oleva opiskelija saa tarvittavat perustiedot perussäädön suunnitteluun ja toteutukseen.</p> <p>Työssä käydään läpi yleisimmät lämmitysjärjestelmät Suomessa ja annetaan tietoa lämmitysjärjestelmän osista ja niiden toiminnasta vesikiertoisessa patterilämmitysverkostossa. Lukija saa käsityksen lämmitysjärjestelmän laitteista ja siitä, miten eri osat vaikuttavat huonelämpötiloihin ja niiden säätöön.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitetään vaihe vaiheelta perussäätötyön kulku työn suunnittelun tilaamisesta perussäätötyön vastaanottamiseen. Opinnäytetyössä pohditaan säätämisen ongelmia eri näkökulmilta ja tarkastellaan perussäätötyön mahdollisia ongelmakohtia. Työssä on esitetty esimerkein kaikki oleelliset laskentakaavat, jotta lukija voi opinnäytetyön luettuaan toteuttaa itsenäisesti perussäätötyön suunnittelun. Lisäksi opinnäytetyössä on tarkasteltu perussäätötyön energiataloudellisia tuloksia esimerkein.</p> <p>Opinnäytetyössä on käytetty apuna alan kirjallisuutta, Suomen rakennusmääräyskokoelmia sekä perussäätötyössä käytettyjen laitevalmistajien tuotteiden ohjekirjastoja.</p>	
Avainsanat	perussäätö, tasapainotus, lämmitys, lämmitysjärjestelmät, LVI

Author(s) Title	Sami Holmberg Balancing of the water circulated radiator heating system
Number of Pages Date	34 pages + 5 appendices 9 May 2012
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructor(s)	Principal Lecturer Jyrki Viranko
<p>The purpose of the final year project was to examine the stages of the balancing of radiator heating systems based on circulation of water. The main goal was to write a thesis that would also offer basic information about planning and executing balancing projects from the beginning to the end for students at a late stage of their studies.</p> <p>The thesis was based on extensive study of literature from the field of construction and HVAC. Also the rules and regulations governing construction in Finland and manuals from manufacturers have been used to get the information.</p> <p>The most common heating systems in Finland were discussed and basic information of their components and operation in heating systems based on circulation of water. Various devices in heating systems and their effect on room temperatures and adjustments were discussed.</p> <p>The stages of a balancing project from commissioning the planning till the end of the project were looked into, as well as problems in balancing the system and doing the correct adjustments. All the essential mathematical formulas with examples were presented so that the reader can produce plans for balancing after he has read the thesis. The balancing of residential buildings was also looked at from an energy saving perspective.</p> <p>The result was a guide book to help students who are at the end of their studies and need some tips with their balancing projects.</p>	
Keywords	HVAC, heating, balancing

Sisältö

1	Johdanto	1
1.1	Viihtyvyyt asuinhuoneistossa	1
1.2	Työn tavoitteet ja rajaus	1
2	Rakennusten lämmitysjärjestelmät	2
2.1	Lämmitystavat Suomessa	2
2.2	Asuinkerrostalon lämmitysjärjestelmän osat	4
2.2.1	Lämmönlähde	5
2.2.2	Lämmönsiirtimet	5
2.2.3	Kiinteistön lämmitysverkosto	6
2.3	Lämmitysjärjestelmän laitteisto	7
2.3.1	Patteriventtiilit ja sen säätöominaisuudet	7
2.3.2	Linjasäätöventtiili	11
3	Mitä on perussäätö	12
3.1	Perussäädön periaate	12
4	Perussäädön vaiheet	13
4.1	Perussäätötyön toteutus ja ongelmat	13
4.1.1	Lämpötilamittaukset termostaatit irrotettuina	14
4.1.2	Lämpötilamittaukset termostaatit paikoillaan	15
4.2	Vanhan asuinkerrostalon säädön suunnittelu (säädön tilaaminen eri tilanteissa)	15
4.2.1	Toimenpiteet ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista	15
4.2.2	Rakennuksen lämmitystehontarpeen laskenta	16
4.2.3	Patteri- ja linjasäätöventtiileiden virtaaman määrittely	20
4.2.4	Painehäviölaskenta	23
4.2.5	Esisäätöarvojen tarkastelu, merkitseminen ja laskenta	25
4.2.6	Tilaustehon/vesivirran määrittely	26
5	Perussäädön toteutus	26
5.1.1	Lämpötilamittaukset ennen suunnittelun aloitusta	26
5.1.2	Esisäätöjen asetus suunnitelmien mukaan	27
5.1.3	Säätökäyrän asetus & tarkastelu	28

6	Perussäätö eri tilanteissa	29
6.1	Uuden rakennuksen säätö	29
6.2	Vanhan asuinkerrostalon säätö	29
7	Perussäätötyön vaikutus rakennuksen lämmityskuluihin	30
8	Pohdintaa	31
	Lähteet	32

1 Johdanto

1.1 Viihtyvyys asuinhuoneistossa

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 2.1 mukaan rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Tämän edellytyksenä on, että rakennuksen LVI-järjestelmät on suunniteltu, mitoitettu ja asennettu huolella. Lämmityksen täytyy olla oikeanlainen, oli se sitten patteri-, lattia tai ilmalämmitys. [17, s. 5]

Suurin osa ihmisistä on tyytyväisiä 21 °C:n sisälämpötilaan. Ilmanvaihto täytyy mitoitaa oikein, jotta sisäilma pysyy puhtaana ja hajuttomana. Tuloilman mitoitus vaikuttaa myös oleellisesti lämmitykseen, varsinkin kun tuloilmana käytetään lämmittämätöntä ulkoilmaa. [4, s. 7]

Käyttövesijärjestelmän toimivuus ei niinkään vaikuta meidän fyysisiin tuntemuksiin, kylmyyteen tai kuumuuteen. Sen sijaan toimiva käyttövesijärjestelmä, josta saadaan oikean lämpöistä vettä ilman liian suurta odotusaikaa oikealla paineella helpottaa oleellisesti lähes kaikkien meidän arkisia askareita.

Jos rakennuksessa on liian kylmä tai kuuma, kannattaa tarkistaa rakennuksen lämmitysjärjestelmän toimivuus. Onko lämmityksen säätökäyrä asetettu vuodenajan ja tilanteen mukaan? Myös lämmitysjärjestelmän säätöarvot kannattaa tarkistaa. Useissa kohteissa patteriventtiileiden sekä linjasäätöventtiileiden esisäätöarvot on asetettu edellisen LVI-korjauksen yhteydessä, josta saattaa olla useita vuosia, jopa vuosikymmeniä aikaa. Rakennukseen on saatettu tehdä myös muita huonelämpötiloihin vaikuttavia toimenpiteitä, kuten julkisivuremontti, ikkunaremontti jne. Parhaassa tapauksessa pelkkä rakennuksen perussäätö voi parantaa asumisviihtyvyyttä merkittävästi.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on kertoa lukijalle perusteet asuinrakennusten lämmitykseen vaikuttavista tekijöistä sekä selvittää, miten vesikiertoinen patterilämmitys toimii ja kuinka lämmitysjärjestelmää tulisi säätää. Työssä lukija oppii tuntemaan vesikiertoisen patterilämmitysjärjestelmän osat ja niiden vaikutuksen rakennuksessa. Työssä

käydään läpi käytännönläheisesti perussäädön eri vaiheita esimerkkien avulla ja tarkastellaan perussäädöstä saavutettavia energiataloudellisia hyötyjä.

Työssä tarkastellaan esimerkkikiinteistön tilannetta ennen perussäätötyön aloittamista ja verrataan sitä säädön jälkeisiin tuloksiin. Esimerkkikohteessa tarkastellaan perussäädön avulla säästettyjä lämmitysenergiakustannuksia.

2 Rakennusten lämmitysjärjestelmät

2.1 Lämmitystavat Suomessa

Suomen rakennuskannassa yleisin talojen lämmitystapa määrällisesti on sähkölämmitys (taulukko 1). Markkinaosuuksia tarkastellessa kaukolämpö on kuitenkin suosituin lämmitystapa. [1]

Taulukko 1. Rakennukset lämmitysaineen mukaan [2].

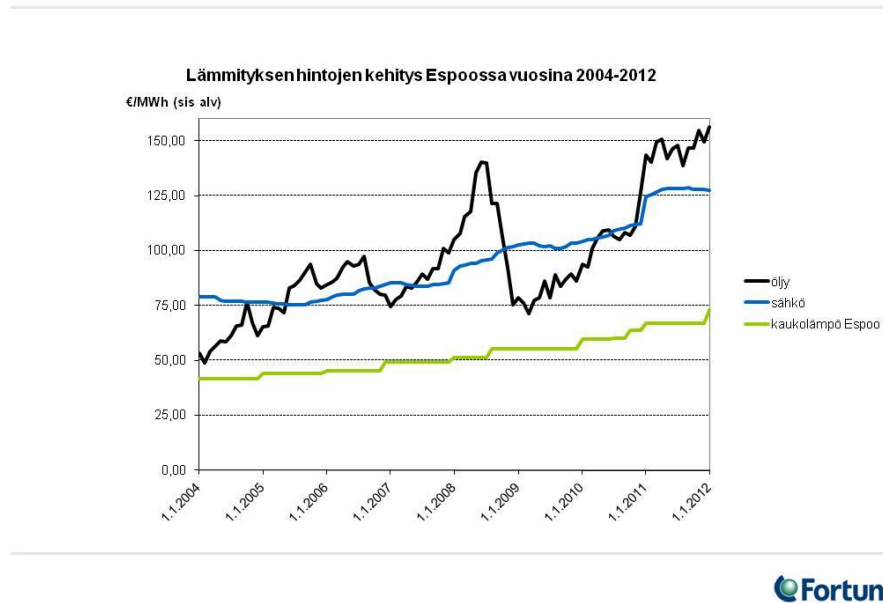
Lämmitysaine	Vuosi				
	1970	1980	1990	2000	2010
Kaikki rakennukset	837 948	934 845	1 162 410	1 299 490	1 446 096
Kauko- /aluelämpö	..	48 538	105 608	130 946	164 721
Öljy, kaasu	320 171	347 498	306 750	320 934	322 279
Kivihiili, koksi	24 328	11 794	8 753	7 986	6 983
Sähkö	41 872	178 707	357 743	455 752	554 368
Puu, turve	429 467	327 230	321 342	292 763	277 553
Muu, tuntematon	22 111	20 578	62 214	91 243	120 192
%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Kauko- /aluelämpö	..	5,2	9,1	10,1	11,4
Öljy, kaasu	38,2	37,2	26,4	24,7	22,3
Kivihiili, koksi	2,9	1,3	0,8	0,6	0,5
Sähkö	5,0	19,1	30,8	35,1	38,3
Puu, turve	51,3	35,0	27,6	22,5	19,2
Muu, tuntematon	2,6	2,2	5,4	7,0	8,3

Taulukko 2. Rakennukset, asunnot ja henkilöt talotyyppin ja kerrosluvun mukaan 31.12.2010 [3]

Talotyyppi	Rakennuksia	Asuntoja	Henkilöitä (ns. asuntoväestö)
Kaikki rakennukset	1 446 096	2 807 505	5 264 580
1-2 kerrosta	1 374 382	1 686 357	3 629 593
3-9 kerrosta	52 411	1 100 725	1 606 454
10+ kerrosta	283	13 252	18 245
tuntematon kerrosluku	19 020	7 171	10 288
Erilliset pientalot	1 101 707	1 135 736	2 685 984
Rivi- ja ketjutalot	76 241	383 126	700 215
Asuinkerrostalot	56 654	1 234 508	1 789 674
1-2 kerrosta	16 924	141 993	201 130
3-9 kerrosta	39 128	1 075 431	1 565 534
10+ kerrosta	189	12 926	17 877
tuntematon kerrosluku	413	4 158	5 133
Muut kuin asuinrakennukset	211 494	54 135	88 707
1-2 kerrosta	184 450	32 588	57 952
3-9 kerrosta	9 073	18 299	25 301
10+ kerrosta	94	326	368
tuntematon kerrosluku	17 877	2 922	5 086

Taulukosta 2 voidaan havaita, että Suomen rakennuskannasta suurin osa on erillisiä pientaloja. Pientaloihin lukeutuu myös loma-asunnot. Kerrostaloissa on kuitenkin eniten asuntoja Suomessa.

Kaukolämmön hinta on halvin verrattaessa yleisimpiä lämmitystapoja (Öljy, sähkö ja kaukolämpö) (Kuva1). Lähes koko maassa käytetään vesikiertoista keskuslämmitysjärjestelmää lämmönjakotapana. [4, s. 119.]



Kuva 1. Lämmityksen hintojen kehitys Espoossa v. 2004—2012 [5].

2.2 Asuinkerrostalon lämmitysjärjestelmän osat

Keskuslämmitys on Suomessa yleisin lämmitystapa. Keskuslämmitys on nykyään lähes kokonaan syrjäyttänyt huonekohtaiset lämmittimet, kuten uunit ja kamiinat. Keskuslämmitys tarkoittaa rakennuksen tilojen lämmittämistä yhteisestä lämmönlähteestä putkistossa kulkevan lämmönsiirtoaineen avulla. Keskuslämmitysjärjestelmän putkistossa välittäjäaineena voi olla vesi, höyry tai ilma. Näistä kolmesta vedellä on paras lämmönsiirtokyky ja se onkin ylivoimaisesti yleisin lämmönvälittäjä. [4, s. 119.]

Vesikiertoisen keskuslämmitysjärjestelmä voidaan laitteistonsa puolesta jakaa kolmeen osaan:

- Lämmönlähde (esim. kaukolämmön alakeskus, öljykattila, vesivaraaja)
- Lämmönsiirtoverkosto (esim. lämmönsiirrin, putkikierukat pumput, lämmitysputkiverkosto ja venttiilit)
- Lämmönluovuttimet (esim. lämmityspatterit, ilmanvaihtopatterit, lattialämmitysputkisto).

2.2.1 Lämmönlähde

Rakennusten lämmönlähteenä voidaan käyttää esimerkiksi öljykattilalaitosta, jossa öljyn energia muutetaan lämmöksi tai kaukolämmön alajakokeskus, jossa kaukolämpöveden avulla tuotetaan kiinteistöön lämmintä vettä. Suomessa yleisin rakennusten lämmitysmuoto kerrostaloissa on kaukolämpö. Lämmönlähteen avulla tuotetaan lämpöä rakennuksen lämmitysverkoston vedelle. [6, s. 3]

Käytettäessä kaukolämpöä lämmönlähteenä kaukolämpövesi tuodaan kaukolämpölaitoksesta kunnallista tai alueellista verkostoa pitkin rakennuksen lämmönjakohuoneeseen, jossa maksimissaan 115 °C:n lämpöinen kaukolämpövesi lämmittää lämmönsiirtimen avulla kiinteistön omassa lämmitysjärjestelmässä kiertävää vettä.

Öljykattilalaitoksessa rakennuksella on oma öljysäiliö, josta öljyä pumpataan öljykattilaa lämmittävälle polttimelle. Kattila toimii öljykattilalaitoksen lämmönsiirtimenä, jossa lämmitysverkoston vesi lämmitetään ja josta vesi ohjataan patteriverkoston.

Sähkö on yleinen lämmönlähde pientaloissa. Usein pientaloissa on lämminvesivaraaja, jota lämmitetään sähkövastuksilla. Varaajat toimivat samalla menetelmällä kuin öljykattilat. Vettä lämmitetään varaajassa, josta vesi siirtyy lämmittämään rakennuksen huoneita.

2.2.2 Lämmönsiirtimet

Lämmitysverkoston olennainen osa on rakennuksen lämmönjakohuoneessa sijaitseva lämmönsiirrin. Lämmönsiirrin toimii välittäjänä lämmönlähteen ja lämmitysverkoston välissä. Koska nykyään selvästi suurin osa uusista kerrostaloista liitetään kaukolämpöverkkoon, käsittelen tässä kappaleessa kaukolämmityksen lämmönsiirtimiä.

Lämmitysverkosto voidaan jakaa ensiö- ja toisiopuoleen. Lämmitysverkoston ensiöpuoli käsittää putkiston ja laitteet tai laitteiden osat, joissa kaukolämpövesi virtaa tai joihin sen paine vaikuttaa. Suurimman osan ensiöpuolen laitteista omistaa energialaitos. Toisiopuolella tarkoitetaan putkia ja laitteistoa lämmönsiirtimen jälkeen, ja se käsittää putkiston ja laitteet, joissa lämmönsiirtimissä kiinteistöä lämmittävä neste virtaa tai joihin

sen paine vaikuttaa. Ensiöpuoleen kuuluu kaukolämpöputket ja rakennuksen kaukolämmön mittauskeskus. Toisiopuoleen kuuluu rakennuksen koko lämmitysverkosto aina lämmönsiirtimeltä viimeiselle lämmityslaitteelle tai putken osalle saakka.

Kaukolämpöön liitetyt rakennukset varustetaan nykyään levylämmönsiirtimillä. Kaukolämpövesi virtaa rakennukseen ja lämmönsiirtimeen kaukolämpöputkistoa pitkin. Kaukolämpöputki kulkee lämmönsiirtimen läpi ja palaa takaisin lämpölaitokselle. Kaukolämpöputkivesi luovuttaa siirtimen avulla lämpöä lämmitysverkostoon, ja siitä eteenpäin lämmönluovuttajille. Rakennukselle tulevan kaukolämpöveden suurin mitoituslämpötila on 115 °C. Palaavan veden mitoituslämpötila riippuu rakennuksen toisiopuolen mitoituslämpötiloista. Uudisrakennusten lämmitysverkostojen mitoituslämpötilat ovat energialaitoksen ohjeiden mukaan 70 °C verkoston menopuolen vedelle ja 40 °C paluupuolen vedelle. Kaukolämmön alkuaikoina 1950-luvulla mitoituslämpötilat olivat 90—70 °C. Korkeat lämpötilat johtuivat vanhojen pattereiden huonosta lämmönluovutuskyvystä ja rakennusten heikosta lämmöneristyksestä. Nykypäivänä mitoituslämpötiloina korjauskohteissa käytetään 80—60 °C:n tai jopa 80—50 °C:n. [7, s. 7]

2.2.3 Kiinteistön lämmitysverkosto

Kiinteistön lämmitysverkosto koostuu lämmönjakokeskuksesta, lämpöputkista, venttiileistä ja lämmönluovuttimista. Vesikiertoisessa patterilämmitysjärjestelmässä patteriverkoston vesi lämmitetään rakennuksen lämmönjakokeskuksessa sijaitsevassa lämmönsiirtimessä. Kaukolämpöverkoston vesi luovuttaa lämmönsiirtimen avulla lämpöä patteriverkoston vedelle. Siirtimeltä lähtevät patteriverkoston runkoputket kuljettavat lämmintä vettä lämmönluovuttimille, jotka luovuttavat lämpöä edelleen huoneisiin. Kun lämmitysverkoston vesi luovuttaa lämpöä pattereiden kautta, se samalla jäähtyy. Patterilta vesi kulkeutuu lämmitysjärjestelmän paluuputkistoa pitkin takaisin lämmönsiirtimelle, josta kierto alkaa uudelleen.

Lämmitysverkostoon menevän veden lämpötilaa ohjataan lämmönjakokeskuksessa sijaitsevilla säätöventtiileillä, jotka toimivat lämpötila-antureiden mukaan. Lämpötilaanturit antavat tietoa sekä ulkolämpötilasta että veden lämpötilasta säätökeskukselle, joka tarpeen mukaan ohjaa säätöventtiileitä. Säätöventtiilit säätelevät kaukolämpöveden virtaamaa. Jos kiinteistön lämmitysverkostoon halutaan ajaa lämpimämpää vettä, säätöventtiili ajaa siirtimelle suuremmalla virralla kaukolämpövedettä, jolloin myös suu-

rempi määrä lämpöenergiaa siirtyy kiinteistön lämmitysverkoston veteen. Säätokekus on lämmönjakohuoneen sydän, jolla ohjataan lämmönjakokeskuksen laitteita. Uusimmat säätokekuskesukset voidaan varustaa myös gsm- tai internetyhteydellä, jolloin kiinteistön huolto saa ajantasaiset hälytykset ja tiedot rakennuksen lämmitysjärjestelmästä. Nykyään lämmönjakokeskuksen laitteita voidaan myös ohjata esimerkiksi huoltoyhtiön toimistolta graafisella käyttöliittymällä.

Patteriverkoston lämmitysputket ovat lähes aina teräsputkia. Normaalin kerrostalon lämmitysverkosto koostuu lämmönjakokeskukselta lähteviltä meno- ja paluurunkoputkista. Runkoputket jakautuvat usein rakennuksen alimmassa kerroksessa patterilinjoille talon eri osiin, josta lämmitysputket nousevat ylös kerroksiin ja sieltä pattereille.

2.3 Lämmitysjärjestelmän laitteisto

Perussäädön kannalta oleellimmat laitteet vesikiertoisessa patterilämmitysjärjestelmässä ovat patteri- ja linjasäätöventtiilit, jotka säätävät vesivirtaa pattereille ja siten myös patterin luovuttamaa lämpötehoa huoneeseen. Huonelämpöä säädetään patteriventtiiliin kiinnitettävällä käsisäätöpyörällä tai termostaatilla. Linjasäätöventtiileillä säädetään yleensä useamman patterin muodostamaa kokonaisuutta esimerkiksi asuinkerrostalossa yhtä linjaa, joka usein kulkee rakennuksen kellarikerroksesta haarautuen pattereille rakennuksen jokaiseen kerrokseen. Koko järjestelmälle halutun virtaaman ja paineen antaa lämmityksen kiertopumppu, joka sijaitsee lämmönjakokeskuksessa, yleensä lämmityspiirin paluupuolella pumpaten halutulla virtaamalla ja paineella vettä verkostoon.

2.3.1 Patteriventtiilit ja sen säätöominaisuudet

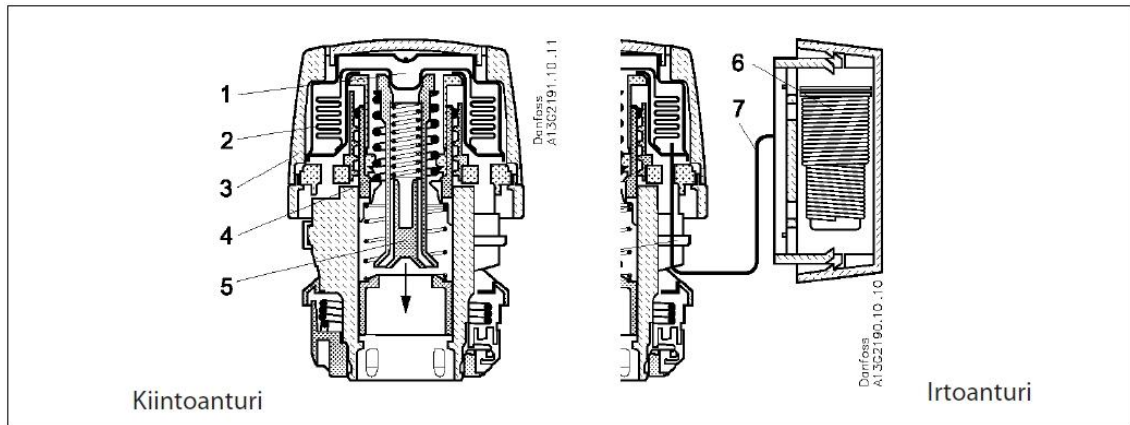
Patteriventtiilin (kuva2) tehtävänä on säätää patterin virtaamaa. Patterin läpi kulkeva virtaama määrittää patterin lämmönluovutustehon yhdessä patterin koon ja mallin kanssa. Patteriventtiilit varustetaan aina joko käsisäätöpyörällä tai patteritermostaatilla.



Kuva 2. Danfoss RA-N-patteriventtiili ja sen osat [8, s. 15].

1. Danfoss R-2000-patteritermostaatti
2. Asennusaikainen suojahattu
3. Venttiilin runko
4. Patteriventtiilin kiinnitysosa patteriin
5. Merkki rungossa
6. Patteriventtiilin esisäätöosa
7. Kara, jonka avulla termostaatti säätelee venttiiliä.

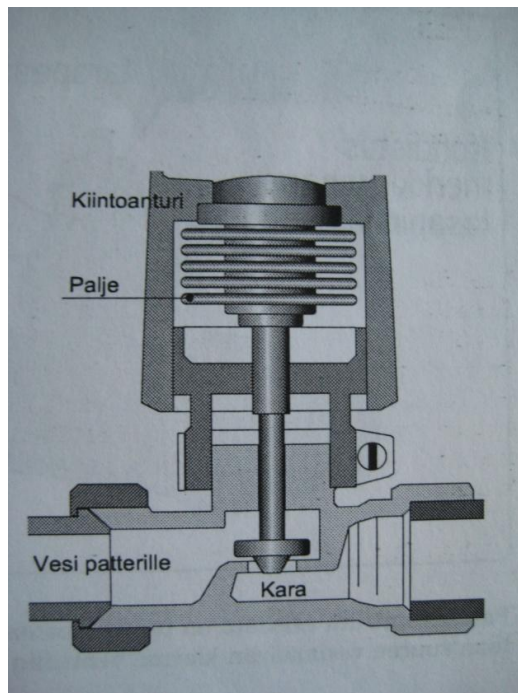
Käsiasäätöpyörät ovat nimensä mukaisesti säätimiä, joilla voidaan säädellä patterin virtaamaa. Käsiasäätöpyörä ei ota huomioon esimerkiksi kodinkoneista ja ihmisistä tulevaa lämpökuormaa, vaan sen ainoa ominaisuus on säätää patteriventtiiliä joko kiinni tai auki käyttäjän mielen mukaan. Nykyään käsiasäätöpyöriä käytetään lähinnä paikoissa, jossa on niin ahdas tila, että termostaatti ei tule kysymykseen. Käsiasäätöpyörä saate-
taan asentaa myös tilanteessa, jossa patteriventtiili on sellaisessa paikassa, jossa termostaatin toiminta ei ole mahdollista. Tällainen tilanne saattaa tulla eteen, jos esimerkiksi patteriventtiili sijaitsee kalusteiden takana tai ikkunalaudan sisällä. Tällöin lämpö jää pyörimään patterin läheisyyteen, jolloin patteritermostaatti sulki virtauksen, vaikka todellisuudessa huone tarvitsisi patterin lämmönluovutusta.



Kuva 3. Danfoss R-2000-patteritermostaatin rakenne [9, s. 2].

1. Kiintoanturi
2. Palje
3. Asettelukahva
4. Asettelujaousi
5. Jousi
6. Tuntoelin
7. Kapillaariputki

Patteritermostaatit (kuva 3) säätelevät patteria automaattisesti termostaatin sisällä olevan anturin avulla. Anturissa on paljejärjestelmä (kuva4), jonka sisällä on nestekaasua kaasuna ja nesteenä tai vaha. Kaasutäytteisessä paljejärjestelmässä huoneilman lämpötilan nousu höyrystää nestemuodossa olevaa kaasua ja paine palkeessa kasvaa, jolloin venttiili sulkeutuu. Lämpötilan laskiessa paine palkeelle pienenee ja palje avautuu jousen avulla. [10, s.179]



Kuva 4. Termostaatin anturi [10, s. 179].

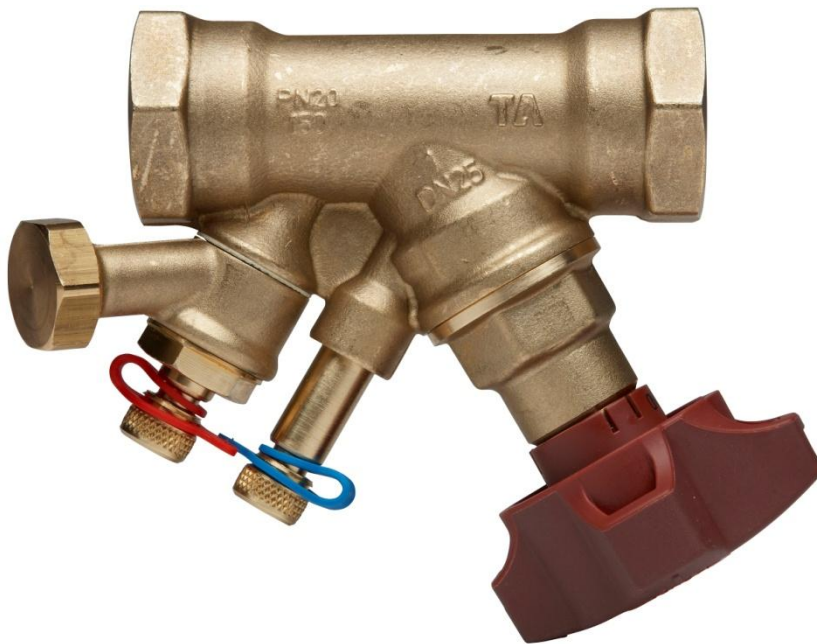
Termostaattien hyötynä suhteessa käsisäätöisiin säätimiin on tarkka ja huonekohtainen säätö. Termostaatti ottaa huomioon kaikki huoneessa olevat laitteet ja ihmiset, jotka tuottavat lämpöä. Tällaisia saattavat olla esimerkiksi tietokone, kodinkoneet, valaistus ja ihmiset. Täsmälleen samanlaisen huoneen lämmitystehontarve saattaa olla hyvinkin erilainen, jos esimerkiksi toinen huone on makuuhuone, jossa ei ole mitään kodinkoneita, ja toista samanlaista huonetta käytetään kotitoimistona, jossa on kaksi tietokonetta, jääkaappi, kahvinkeitin ja kaksi ihmistä työskentelemässä. Myös huoneiden sijainti rakennuksessa ja ulkoa tulevat kuormitukset (aurinko, puut, muut rakennukset) saattavat vaikuttaa huonelämpötilaan. Patteritermostaatti osaa huomioida nämä tekijät ja pitää huonelämpötilan molemmissa huoneissa halutussa arvossa. [20, s. 14.]

Patteriventtiilissä on venttiililautanen, jota kuristamalla tai avaamalla säädetään venttiilin läpi virtaavaa vettä. Termostaatti ohjaa venttiililautasta karan avulla. Huonelämpötilan ollessa suurempi kuin venttiilistä asetettu arvo termostaatin anturi painaa karaa sisään. Jos taas termostaatti tunnistaa huonelämpötilan olevan pienempi kuin haluttu arvo, se päästää jousen avulla karaa ulos, jolloin patterille saadaan virtaamaan enemmän lämmintä vettä. Termostaatin säätöosassa on asteikko, jotka merkitsevät aina tiettyä lämpötilaa. Tarkat lämpötilat kullekin säätöarvolle löytyy eri valmistajien esitteistä. Usein patteritermostaateissa alin asetus on jäätymissuoja, jolloin termostaatti ei päästä ympäröivää lämpötilaa alle 5–7 °C:n. Suurin asetus yleisimmissä patteriventtiili-

leissä on 25—26 °C. Jos patteritermostaatti on sellaisessa paikassa, jossa termostaatin toiminta estyy esim. kalustuksen tai verhoilun johdosta, voidaan käyttää irtoanturia, joka asennetaan lähelle varsinaista termostaattia. Irtoanturi tunnistaa oikean huonelämpötilan ja välittää kapillaariputken avulla tiedon termostaatille, jolloin termostaatti toimii halutulla tavalla. [9, s. 3.]

2.3.2 Linjasäätöventtiili

Linjasäätöventtiilit ohjaavat jonkin tietyn lämmitysjärjestelmän osan virtaamaa. Linjasäätöventtiili asennetaan lämmitysputkiston paluupuoleen ja sen parina usein toimii sulkuventtiili verkoston menoputkessa. Linjasäätöventtiilissä on mittausyhteet, joiden avulla mitataan nesteen paine ennen ja jälkeen venttiilin linjasäätöventtiilin säätöosan. Mitatuista paineista saadaan venttiilille paine-ero, jonka avulla pystytään laskemaan venttiilin päästämä vesivirta linjalle. Linjasäätöventtiilin läpi kulkevan virtaaman ja nesteen paine-eron avulla saadaan valmistajan taulukosta oikea esisäätöarvo venttiilille. Usein linjasäätöventtiileitä asennetaan rakennuksen pystylinjan alkuun, kellarikerrokseen, jolloin venttiilillä voidaan säätää jokaisen linjan virtaamaa. Linjasäätöventtiilin koko määräytyy putkikoon mukaan. Vanhoissa kiinteistöissä, jossa on suuret putkikoot on myös mahdollista käyttää kokoa tai kahta pienempää linjasäätöventtiiliä, jotta päästään hyvälle esisäätöalueelle.



Kuva 5. TA STAD-linjasäätöventtiili [11].

Yleisimmin käytettyjä linjasäätöventtiilimalleja on käsisäätöinen linjasäätöventtiili esim. TA STAD (kuva 5) ja Oras 4100. Linjasäätöventtiileinä voidaan käyttää myös itsestään säätyviä automaattisia linjasäätöventtiileitä. Automaattiset linjasäätöventtiilit asennetaan lämmitysverkoston paluuputkeen ja yhdistetään paluupuolen sulkuventtiiliin impulssijohdoilla. Automaattinen linjasäätöventtiili pystyy pitämään linjan paine-eron hallittuna verkoston lämpötilan tai paineen muutoksista huolimatta. Näin verkosto pysyy optimitilanteessa halutuissa säädöissä, vaikka lämpötila tai patteriventtiileiden säädöt muuttuvat. Automaattiset linjasäätöventtiilit ovat tosin huomattavasti kalliimpia kuin käsisäätöiset linjasäätöventtiilit.

3 Mitä on perussäätö

3.1 Perussäädön periaate

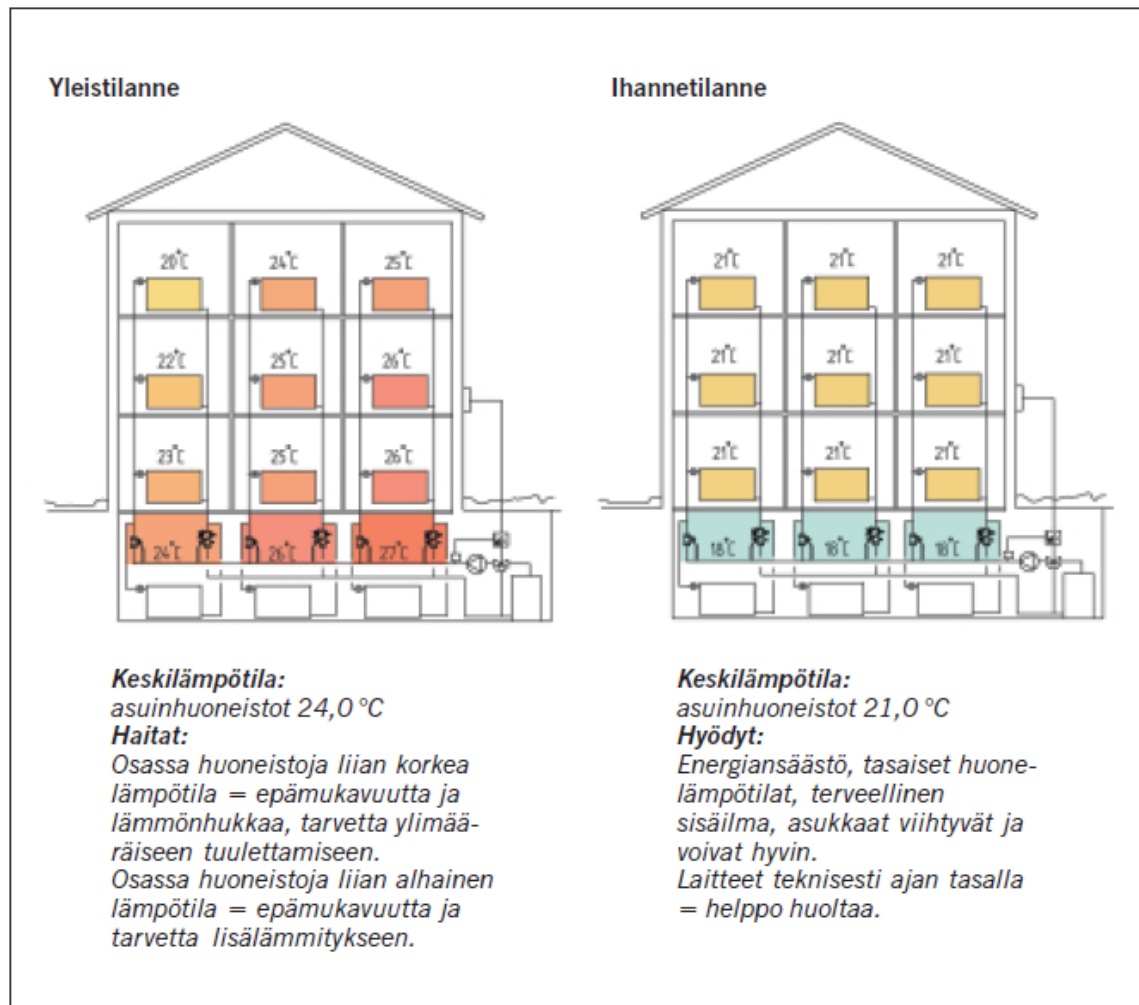
Perussäädön tavoitteena on tuottaa säädettävään rakennukseen mahdollisimman tasaiset lämpöolot. Usein säätämättömän rakennuksen patterit jakavat lämpöä epätasaisesti huoneisiin, jonka vuoksi järjestelmän eri osissa saattaa olla usean asteen huonelämpötilaeroja. Säädetty järjestelmä taas tuottaa tasaiset huonelämpötilat joka puolelle verkostoa. Onnistuneen perussäädön jälkeen asumismukavuus paranee ja lämmityskustannukset pienenevät.

Arvioiden mukaan kolme neljäsosaa Suomen asuinrakennuskannasta on puutteellisesti perussäädetty. Perussäätämättömissä kiinteistöissä lämpötilaerojen arvioidaan olevan keskimäärin yli 3 °C, mutta yli 6 °C:n lämpötilaerotkaan eivät ole harvinaisia. Lämmitysjärjestelmän perussäätö vaikuttaa merkittävästi lämmitysenergian kulutukseen erityisesti kiinteistöissä, joissa on useita asuntoja. Perussäädön avulla kiinteistön energiankulutusta voidaan vähentää jopa 10–15 %.

[12]

Perussäätämättömän rakennuksen lämmitysverkoston alkupäässä on korkeimmat huonelämpötilat, koska lämmönsiirtimeltä tuleva lämmin vesi pyrkii aina löytämään helpoimman reitin virrata. Verkoston vaikeimmissa osissa taas on liian alhaiset huonelämpötilat, koska linjasäätö- ja patteriventtiileiden säätämättömyyden vuoksi alkupään patterit vievät suurimman osan virtaamasta ja täten myös lämmöstä (kuva 6). Säätämättömässä rakennuksessa kuluu siten energiaa hukkaan, koska vaikeimman osan huoneiston täytyy saada siedettävät lämpöolot eli n. 21 °C, jolloin lähinnä lämmönjakokeskusta sijaitseva huoneistot ovat useita asteita liian lämpimiä. Näissä huoneistoissa

asukkaat reklamoivat huoltoyhtiölle liian korkeista lämpötiloista ja viilentävät tuuletuk-
sen avulla asuntoja.



Kuva 6. Asuinrakennuksen tyypillinen tilanne ennen perussäätöä ja ihannetilanne perussäädön jälkeen [13, s. 4].

4 Perussäädön vaiheet

4.1 Perussäätötyön toteutus ja ongelmat

Perussäätötyötä tilattaessa tilaajan kannattaa ottaa huomioon vuodenaika, jona perussäätötyö suoritetaan. Itse venttiileiden säätö ja linjasäätöventtiileiden virtausmittaukset voidaan suorittaa mihin vuodenaikaan tahansa, mutta huonelämpötilojen mittaus tulisi olla lämmityskaudella, jolloin ulkolämpötila on pakkasen puolella. Tällöin lämpötilamittaukset antavat luotettavat tulokset lämmitysjärjestelmän toiminnasta.

Lämmityskauden ulkopuolella tehtävä perussäätötyössä on omat haasteensa. Itse työ ja venttiileiden vaihto onnistuu helpoimmin kesäaikaan, jolloin lämmityksen käyttökatoista ei ole juurikaan haittaa asukkaille. Kesäaikaan suoritettussa urakassa ongelmakohtia ovat huonelämpötilojen mittaukset, jotka on pakko jättää seuraavaan talveen. Tällöin tilaajan kannattaa huomioida jo tarjousneuvotteluvaiheessa mittausten ajankohda. Tilaaja voi esimerkiksi pidättää yhden maksuerän siihen asti, kun mittaukset on suoritettu. Tällöin saadaan varmistettua, että urakoitsija hoitaa veloitteensa urakasta.

Lämmityskaudella suoritettavan perussäätötyön etuna on se, että tällöin saadaan koko urakka tehtyä kerralla. Jos perussäätöurakkaan kuuluu venttiileiden vaihto ja urakka toteutetaan lämmityskauden aikana, täytyy lämmitysverkosto tyhjentää venttiileiden vaihdon ajaksi. Tässä tapauksessa tilaajan on varmistettava ennen työn alkua, että urakoitsijalla on tarpeeksi vahva miehitys työmaalla ja että heillä on hyvät suunnitelmat työn toteutuksessa, jolloin minimoidaan lämpökatkoksen aika. Huonelämpötilojen mittauksia tehdään kahdella tavalla, joko termostaatit kiinnitettyinä tai termostaatit irrotettuina.

4.1.1 Lämpötilamittaukset termostaatit irrotettuina

Termostaattien ollessa irrotettuna saadaan huonelämpötiloista arvot, jotka eivät huomioi ulkoisten kuormien vaikutusta lämpötilaan, eli ilman termostaattia patteriventtiili ei osaa huomioida mahdollisista ihmisistä, kodinkoneista ja valaistuksesta tulevaa lämpökuormaa. Lämpötilojen mittauksessa termostaatit irti on huomioitava rakennuksessa olevat patteriventtiileiden tyypit. Joidenkin valmistajien venttiileiden esisäätöarvoja pystyy muuttamaan helposti termostaattien ollessa irrotettuina. Mikäli säädettävä rakennus on lämpötilamittausten aikana asutettu, on vaarana, että asukkaat muuttavat arvoja ennen, kuin termostaatit saadaan asennettua paikoilleen. Näissä tapauksissa urakoitsijan ja tilaajan on informoitava asukkaita asiasta ja mahdollisesti asennettava suojahatut venttiileihin, kunnes lämpötilamittaukset on suoritettu ja termostaatit asennettu paikoilleen. Mikäli rakennus on uusi tai asukkaat ovat esimerkiksi muiden remonttien takia evakossa, ei esisäätöarvojen muuttelusta tarvitse kantaa huolta.

4.1.2 Lämpötilamittaukset termostaatit paikoillaan

Termostaattien ollessa paikallaan huonelämpötilat mitataan niin, että kaikki patteriverkoston termostaatit ovat täysin auki asennossa. Tällöin mittaustuloksissa tulee huomioida myös jokaisen asunnon ja huoneen yksilölliset lämpökuormat. Mittauksissa termostaatit paikoillaan on vaarana se, että asukkaat muuttavat termostaatin asentoa ennen mittausten suorittamista. Jos säädetyssä rakennuksessa asunnot ovat asuttuja, tulee asukkaita informoida mittausten suoritustavasta ja ohjeistaa asukkaita termostaattien käytön suhteen. Jos perussäätötyö on tehty lämmityskauden ulkopuolella ja lämpötilamittaukset suoritetaan lämmityskaudella, ongelmalliseksi muodostuu termostaattien asettaminen samaan asentoon. Tällaisissa tapauksissa kannattaa esimerkiksi kohteen huoltomiehen kiertää asunnot läpi ja varmistaa termostaattien asennot sekä jakaa tieto asukkaille, miksi termostaatit täytyy pitää täysin auki-asennossa.

4.2 Vanhan asuinkerrostalon säädön suunnittelu (säädön tilaaminen eri tilanteissa)

Perussäädön suunnittelua aloittaessa on hyvä selvittää tilaajan kanssa, mitä toimenpiteitä säädön yhteydessä halutaan tehdä, tai vaihtoehtoisesti, onko säätö seuraus jostain muusta, rakennukseen tehtävistä korjaustoimenpiteistä, epätasaisista lämpöolosuhteista tai jostakin muusta. Aluksi kannattaa tutustua rakennukseen hyvin ja selvittää, kuinka vanhoja rakennus, sen rakenteet ja talotekniikka ovat.

4.2.1 Toimenpiteet ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista

Tilaajan tulisi olla hyvin perillä säädettävästä kohteesta ja sen laitteistosta. Usein kiinteistöihin on tehty pitkän aikavälin suunnitelma korjauksista jonka mukaan jo käytössä olevan asunnon korjaustoimenpiteitä suoritetaan. Tilaajan edustajalla tulee olla tiedossa perussäädettävän kohteen laitteistojen iät ja kiinteistöön tehdyt sekä mahdollisesti tulevat toimenpiteet ja korjaukset. Perussäätö itsessään tehdään yleensä seurauksena jostakin ongelmasta rakennuksen lämpöoloissa tai lämmitysverkoston jonkun osan elinajan päättymisestä. Usein tällaisia korjauskohteita lämmitysverkostossa ovat mm. patteri- ja linjasäätöventtiilit, lämmönjakokeskuksen uusiminen/muutos tai rakennuksen rakenteisiin tehtävät parannukset. Karkeasti voidaan arvioida että lämmitysverkoston venttiilit sekä lämmönjakokeskus tulisi uusia n. 20 vuoden välein. Kiinteistöjen korjauk-

set kannattaa ajoittaa mahdollisimman samaan aikaan, jotta asukkaiden asumismukavuus ei kärsisi. Esimerkiksi lämmönjakolaitteiston ja venttiileiden uusiminen kannattaa tehdä samanaikaisesti. [14, s. 7.]

4.2.2 Rakennuksen lämmitystehontarpeen laskenta

Rakennuksen perussäätöä varten täytyy tietää rakennuksen lämmitykseen tarvittava teho. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 on annettu ohjeet rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennalle. Rakennusten lämmitys mitoitetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman antamien mitoituslämpötilojen mukaan. Suomi on jaettu neljään säävyöhykkeeseen, joilla kullakin on oma laskennallinen ulkoilman mitoituslämpötila(kuva7). [15]

Kuva L1.1. Säävyöhykkeet.

Taulukko L1.1. Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.

Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C	Lämmityskauden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	+5	+1
II	-29	+4	0
III	-32	+2	-1
IV	-38	0	-5

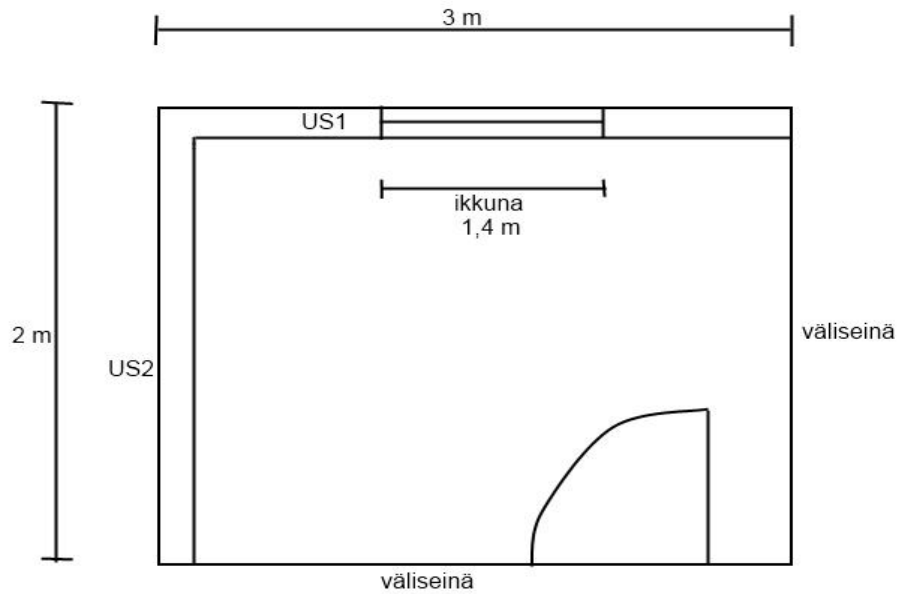
Kuva 7. Säävyöhykkeet [15, s. 56.].

Rakennuksella on aina ylä- ja alapohjat sekä ulkoseinät, joiden läpi johtuu ulos lämpöenergiaa ja sisälle vuotaa kylmää ilmaa. Ulkoa tulevan kylmän ilman ja ulos johtuvan energian lämmittämiseen tarvitaan huoneistokohtaisia lämmityslaitteita eli pattereita. Patterit sijoitetaan usein rakennuksen ulkoseinähuoneille, eli paikkoihin, joista kylmä ilma pääsee rakennukseen sisään. Yleensä patterit sijoitetaan ulkoseinähuoneissa ikkunoiden alle, sillä ikkunoista johtuu eniten kylmää ilmaa sisään. Uudemmissa ikkunoissa saattaa myös olla korvausilmaventtiilit asennettuna ikkunan yläkarmiin, josta huoneistoon otetaan korvausilma. Tällöin ikkunan alla olevan patterin lämpö sekoittuu mahdollisimman hyvin kylmään tuloilmaan.

Rakennusten lämmitystehontarpeen laskenta aloitetaan selvittämällä ulkoseinien, ylä- ja alapohjan, ikkunoiden ja ovien lämmönläpäisykertoimet eli ns. U-arvot. U-arvo saadaan koko rakenteen yhteenlasketun lämmönvastuksen käänteisluvusta. [16, s. 5.]

Esimerkkinä on huone, joka on rakennuksen kulmahuone, jossa kaksi seinää ovat ulkoseiniä ja kaksi seinää väliseiniä muihin huoneisiin. Tällöin huoneen lämmittämiseen tarvittava teho lasketaan kahden ulkoseinän ja niissä sijaitsevien ikkunoiden tai ovien U-arvojen ja pinta-alan avulla. Rakennuksen ikkunoiden ja ovien mitat mitataan karmi- en ulkopintojen mitoilla. Rakennuksen alapohjan pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä. Myöskään 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 ikkunoiden ja ovien lasketut pinta-alat. [15 s.3]

Kuvassa 8 on esimerkki kolmikerroksisen rakennuksen 2. kerroksessa sijaitsevan kulmahuoneen lämmitystehontarpeen laskennasta:



Kuva 8. Esimerkkihuone

Koska huone sijaitsee keskimmaisessä kerroksessa, ei ylä- tai alapohjaa tarvitse ottaa huomioon, sillä lämpötila on sama ylä- sekä alapuolella olettaen, että rakennuksen kaikissa kerroksissa on asuinhuoneistoja. Seinien U-arvoiksi on saatu $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ikkunan U-arvoksi $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Rakennuksen, tai tässä tapauksessa huoneen lämmitystehon tarpeen muodostavat johtumisteho rakenteiden läpi, tilan vuotoilman tarvitsema teho ja kylmän tuloilman lämmitykseen tarvittava teho. Aivan aluksi kuitenkin täytyy laskea ulkoseinien pinta-alat sekä ovien ja ikkunoiden pinta-alat, joita tarvitaan lämmitystehontarpeen ja tarkemmin johtumistehojen laskennassa. Laskennassa on huomioitava ulkoseinillä olevien aukkojen pinta-ala, sillä esimerkiksi ikkunoilla on eri U-arvo kuin seinillä. Ulkoseinien pinta-alasta pitää siis vähentää seinäpinnalla olevien aukkojen pinta-ala ja laskea aukkojen tuottamat lämpöhäviöt erikseen.

Lähtöarvot tässä esimerkissä:

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

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

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

$$A_{\text{ikkuna}} = 1,4 \text{ m} * 2,0 \text{ m} = 2,8 \text{ m}^2 \text{ (vähennetään tämä ala US1 pinta-alasta laskennassa)}$$

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

$$q_{\text{vpoisto}} = 0,008 \text{ m}^3/\text{s}$$

T_s on mitoituslämpötila, joka on yleensä 21°C . [17, s. 6.]

$T_{u,\text{mit}}$ on Ulkoilman lämpötila mitoitusolosuhteissa. Ulkoilman mitoituslämpötila voidaan tarkistaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta D5, jossa Suomen kartta on jaettu neljään säävyöhykkeeseen. Tässä esimerkissä käytämme säävyöhykettä 1, joka on eteläisen ja läntisen Suomen vyöhyke. Mitoitusulkolämpötila vyöhykkeellä 1 on -26°C . [15, s. 56.]

Huonelämmityksen tehon tarve lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5:n mukaisesti (liite 1). Alla olevat laskelmat ovat esitetty siinä järjestyksessä, jossa ne ovat rakentamismääräyskokoelmissa. Laskentaa aloittaessa on kuitenkin hyvä huomata, että käytännössä laskut pitää laskea väärin päin, koska alkuperäisessä kaavassa on useita kaavoja sisällä, jotka vaativat ratkaisun, ennen kuin päästään kiinni itse huonelämmityksen tehon kaavan laskentaan.

Huonelämmitys Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5:n mukaan (liite 1). Koska tässä esimerkissä asunnon tuloilma otetaan ulkoa ikkunoihin asennettavien korvausilmaventtiileiden kautta, ei tuloilmapatteria oteta huomioon.

$$\Phi_{\text{huonelämmitys}} = 239,0 \text{ W} + 32,2 \text{ W} + 451,2 \text{ W} = 722,4 \text{ W}$$

Huonelämmityksen ensimmäinen osatekijä johtumisteho lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kohdan 9.3 mukaan (liite 1):

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{joht}} &= 5,085 \text{ W/K} * (21 - (-26)) \\ &= 239,0 \text{ W} \end{aligned}$$

Jotta johtumisteho voidaan laskea, täytyy selvittää rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö ΣH_{joht} , joka lasketaan kaavalla 4.2 (liite 1).

$$\begin{aligned} \Sigma H_{\text{joht}} &= (0,24 * (7,56 - 2,8)) + (0,24 * 4,76) + (1,0 * 2,8) \\ &= 5,085 \text{ W/K} \end{aligned}$$

Huonelämmityksen toinen osa eli vuotoilman lämmitykseen tarvittava tehontarve $\Phi_{\text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavalla 9.4 (liite 1):

$$\Phi_{\text{vuotoilma}} = 0,68544 \text{ W/K} * (21 - (-26)) = 32,2 \text{ W}$$

$H_{\text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavan 4.6 mukaisesti (Liite 1):

$$H_{\text{vuotoilma}} = 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ Ws/(kgK)} * 0,0005712 \text{ m}^3/\text{s} = 0,68544 \text{ W/K}$$

jotta saadaan $H_{\text{vuotoilma}}$ laskettua, täytyy selvittää vuotoilman ilmavirta q_v . Rakennuksen vuotoilmakertoimena käytetään arvoa 0,16 1/h. [15, s. 20.]

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = 0,16 * 2,7 \text{ m} * 1,7 \text{ m} * 2,8 \text{ m} / 3600 = 0,0005712 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kun vuotoilman ja johtumishäviöiden tarvitsema lämmitysteho on laskettu, voidaan siirtyä viimeiseen vaiheeseen, jossa lasketaan ilmanvaihdon lämmitykseen tarvittava teho Φ_{iv} kaavalla 9.5 (Liite 1).

$$\begin{aligned} \Phi_{iv} &= 9,6 \text{ W/K} * (21 - (-26)) \\ &= 451,2 \text{ W} \end{aligned}$$

Jotta saadaan selville Φ_{iv} , täytyy ratkaista muuttuja H_{iv} . Tämä lasketaan SRMK D5:n kaavalla 9.6 (liite 1). Koska tässä esimerkissä rakennuksessa ei ole lämmöntalteenottoa, voidaan jättää huomioimatta kaavan viimeinen osatekijä $(1 - \eta_{p, \text{mit}})$.

$$H_{iv} = 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ Ws/(kgK)} * 0,008 \text{ m}^3/\text{s} = 9,6 \text{ W/K}$$

4.2.3 Patteri- ja linjasäätöventtiileiden virtaaman määrittely

Kun huoneiden lämmitystehontarve on määritelty, voidaan siirtyä tarkastelemaan putkiston virtauksia, jotka saadaan laskettua tehon kaavalla:

$$\Phi = \rho \cdot c \cdot q \cdot \Delta T$$

Koska tässä tilanteessa halutaan saada virtaama selville, muuntuu kaava muotoon:

$$q = \frac{\Phi}{\rho \cdot c \cdot \Delta T}$$

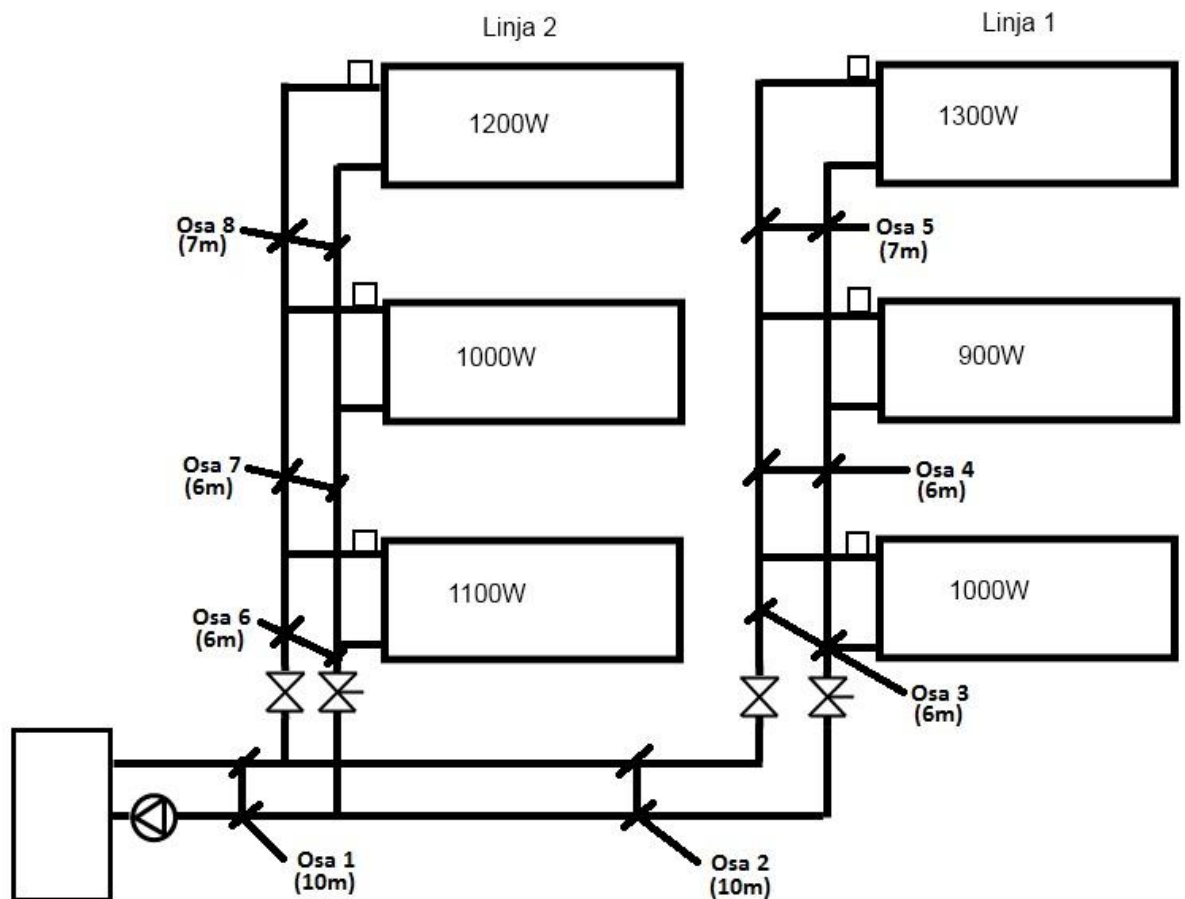
Φ on teho watteina, joka on laskettu linjan pattereista ja putkistosta (W)

ρ on veden tiheys (riippuu veden lämpötilasta, voidaan käyttää likiarvoa 1000 g/cm³)

c on veden ominaislämpökapasiteetti (riippuu veden lämpötilasta, voidaan käyttää likiarvoa 1000 4,2 KJ/K*kg)

q on linjassa virtaavan veden määrä l/s

ΔT on meno- ja paluuveden lämpötilaero



Kuva 9. Kahden linjan lämpöjohtoverkosto

Esimerkki linjan virtaaman laskennasta:

Esimerkissä lasketaan kahden linjan (kuva 9) virtaamat. Voidaan olettaa, että kyseessä on esimerkiksi vierekkäisten makuuhuoneiden linjat. Tässä esimerkissä menoveden lämpötila on 70 °C ja paluuvesi 40 °C.

Laskennassa käytettävät arvot ovat:

Φ on kyseessä olevan patterin teho

ρ on veden tiheys 1000 g/cm³

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

q on linjassa virtaavan veden määrä l/s

ΔT on 30 °C

Linja 1 virtaaman laskenta:

$$q = \frac{1300W + 900W + 1000W}{\frac{1000g}{cm^3} \cdot \frac{4,2KJ}{K} \cdot kg \cdot (70 - 40)}$$

$$q = 0,0254 \text{ l/s}$$

Linja 2 virtaaman laskenta:

$$q = \frac{1200W + 1000W + 1100W}{\frac{1000g}{cm^3} \cdot \frac{4,2KJ}{K} \cdot kg \cdot (70 - 40)}$$

$$q = 0,0262 \text{ l/s}$$

Näin saadaan esimerkiksi asuinkerrostalon yhden nousulinjan virtaama, kun lasketaan linjassa kiinni olevien pattereiden ja putkiston tarvitsema teho ja muutetaan se virtaukseksi. Tämä toimenpide toistetaan asuinkerrostalon kaikille linjoille, jolloin tiedetään kunkin linjan virtaama. Teholaskennassa täytyy myös ottaa huomioon putkiston lämpöhäviö sekä meno- että paluuputkelle, joka on n. 5 W/m talon sisällä oleville putkille.

Ulkona kulkeville lämmitysputkille lasketaan keskimääräinen lämpöhäviö putken valmistajan ohjeiden mukaisesti.

4.2.4 Painehäviölaskenta

Lämmitystehon laskennan ja sen tuloksena saatujen linjakohtaisten virtausten jälkeen voidaan siirtyä painehäviölaskentaan. Painehäviölaskenta aloitetaan lämmitysverkoston vaikeimman reitin kauimmaisesta patterista. Vaikeimman linjan viimeiselle patteriventtiilille varataan painehäviöksi vähintään 4 kPa säädön helpottamiseksi. Kauimmaiselle linjaventtiilille varataan vähintään 3 kPa. Uudisrakennuksen lämmitysputkien mitoituksessa tulisi valita putkikoko, jonka painehäviö on alle 50 Pa/m lasketulla virtaamalla. Putkiston painehäviö koostuu putken virtausvastuksesta, ja venttiileistä. Suurimmat painehäviöt syntyvät pattereista ja sulku-, patteri- ja linjasäätöventtiileistä.

Esimerkki:

Mitoita kuvassa 6 olevan patteriverkoston osat. Valitse siis johtokoot, laske painehäviöt ja määritä venttiilien esisäätöarvot. Patteriventtiileinä käytetään Oras Stabila-patteriventtiiliä. Linjasäätöventtiileinä käytetään TA STAD-venttiiliä. Tasapainotuksen kannalta hyvään lopputulokseen päästään kun mitoitetaan johtokoot niin, että johtojen kitkapainehäviö putkessa ei nouse yli 50 Pa/m [4, s. 147]. Linjasäätöventtiilit ovat aivan linjan lopussa lähellä runkolinjaa, joten linjasäätöventtiilin ja runkolinjan välistä osuutta ei tarvitse numeroida. Kuvassa 9 verkosto on jaettu kahdeksaan osaan. Jokaiselle osuudelle on myös merkitty pituus, joka tarkoittaa putkiosuuden meno- ja paluu-putken yhteenlaskettua pituutta.

Perussäädön laskennassa kauimmaiselle patteriventtiilille varataan vähintään 4 kPa:n paine-ero, jotta verkoston kauimmaisat osat pystytään säätämään tarkasti. Tässä esimerkissä käytänkin kaikille patteriventtiileille paine-eroa 4 kPa, sillä esimerkissä oletetaan runkolinjan ja pattereiden välisen johto-osuuden olevan lyhyt, josta ei juurikaan ylimääräistä painehäviötä tule. Jos runkolinjan ja linjan pattereiden kytkentäjohto on erityisen pitkä, tai usean mutkan takana on hyvä tarkastaa myös jokaisen patterivent-

tiilin paine-ero. Aluksi lasketaan verkoston vaikeimman piirin painehäviö. (Taulukko 3.) Taulukossa lämpöjohtoon kitkapainehäviö R saadaan teräsputken virtaamataulukosta, jonka avulla valitaan myös putkikoko. (Liite 2). Kertavastuskerroin muodostuu laskettavan putkiston osan käyrien ja venttiileiden kertavastusten summasta. Tässä esimerkissä käytetään laskennan yksinkertaistamiseksi kauimmaiselle osalle arvoa 15, joka sisältää kauimmaisen patterin venttiileineen ja sen kytkentäjohtojen aiheuttamat kitkavastukset ja muille osille arvoa 3. Koko johto-osan painehäviö saadaan kaavalla:

$$\Delta p = l \cdot R + \sum \zeta \cdot p_d.$$

Taulukko 3. Verkoston vaikeimman reitin painehäviölaskenta (linja 1).

Osa	Teho(W)	q,(l/h)	l (m)	$\Sigma \zeta$	DN	R (Pa/m)	v (m/s)	p_d (Pa)	Δp ,johto-osa, muu (Pa)	Δp ,johto-osa (Pa)
5	1300	37,7	7	15	10	15	0,09	4	4000	4165
4	2200	63,8	6	3	10	37	0,14	10		252
3	3200	92,8	6	3	15	20	0,12	7		141
2	3200	92,8	10	3	15	20	0,12	7	3000	3221
1	6500	188,5	10	3	20	17	0,14	10		200

Vaikeimman reitin laskennan jälkeen ryhdytään laskemaan runko-osan ja linjojen välisiä paine-eroja, jotta saadaan selville kunkin linjan paine-ero linjasäätöventtiilin yli. Tällöin voidaan asettaa kaikille linjoille esisäätöarvot linjan halutun virtaaman ja paineron avulla. Ensin täytyy siis selvittää linjan 2 painehäviö ja laskea sen erotus runkolinjassa olevaan painehäviöön.

Taulukko 4. Linja 2:n painehäviölaskenta.

Osa	Teho(W)	q,(l/h)	l (m)	$\Sigma \zeta$	DN	R (Pa/m)	v (m/s)	p_{dyn} (Pa)	Δp ,johto-osa, muu (Pa)	Δp ,johto-osa (Pa)
8	1200	34,8	7	15	10	13	0,08	3	4000	4136
7	2200	63,8	6	3	10	37	0,14	10		252
6	3300	95,7	6	3	15	23	0,13	8		162

Kun verkoston kaikkien linjojen painehäviölaskenta on suoritettu, voidaan siirtyä tarkastelemaan linjojen ja runkolinjan välisiä paine-eroja. Tämä paine-ero täytyy tuhota linjasäätöventtiiliä kuristamalla.

Kun halutaan saada selville linjan 2 kohdalla käytettävissä oleva paine, täytyy tarkastella taulukkoa 1. Linjan 2 kohdalla käytettävissä oleva paine saadaan laskemalla yhteen verkoston kauimmaisesta osasta lähtien painehäviöt osaan 2 asti. Täten linja 2:n linjasäätöventtiilille määritelty paine-ero lasketaan:

$$\text{Osa 8} + \text{Osa 7} + \text{Osa 6} + \text{LSV 2} = \text{Osa 5} + \text{Osa 4} + \text{Osa 3} + \text{Osa 2}$$

$$4136\text{Pa} + 252\text{Pa} + 162\text{Pa} + \text{LSV2} = 4165\text{Pa} + 252\text{Pa} + 141\text{Pa} + 3221\text{Pa}$$

$$\text{LSV 2} = 3229 \text{ Pa}$$

4.2.5 Esisäätöarvojen tarkastelu, merkitseminen ja laskenta

Kun perussäädettävän rakennuksen linja- ja patterikohtaiset virtaamat on saatu selville, sekä laskettu painehäviölaskelmat voidaan alkaa tarkastella esisäätöarvoja patteri- sekä linjasäätöventtiileille. Jokainen venttiilivalmistaja antaa omille venttiileilleen K_v -arvokäyrät, joiden avulla pystytään määrittämään kullekin venttiilille tarkka esisäätöarvo.

Määritetään ensin patteriventtiileiden esisäätöarvot. Patteriventtiileiden esisäätöarvojen asetteluun tarvitaan patterille laskettu teho, joka muutetaan virtaamaksi ja patteriventtiilin paine-ero, joka tässä esimerkissä oli määritetty jokaiselle patterille 4kPa.

Linjan 1 patteriventtiileiden esisäätöarvot määritettynä liite 3:n mukaan:

- 1300 W:n patterin esisäätöarvo 4kPa:lla saadaan käyrästä esisäätöarvo 3,5
- 900 W:n patterin esisäätöarvo 2,5
- 1000 W:n patterin esisäätöarvo 3,0

Linjan 2 patteriventtiileiden esisäätöarvot:

- 1200 W:n patterin esisäätöarvo 3,5
- 1000 W:n patterin esisäätöarvo 3,0
- 1100 W:n patterin esisäätöarvo 3,0

Pattereiden esisäätöarvojen asetteluun jälkeen voidaan määrittää verkoston linjasäätöventtiileiden esisäätöarvot linjoille lasketun virtaaman ja paine-eron avulla. Esisäätöarvot asetetaan valmistajan virtaamakäyrän avulla. (Liite 4.)

Linjan 1 linjasäätöventtiilin virtaamaksi on laskettu 92,8 l/h. Koska linja 1 on verkoston vaikein linja, linjasäätöventtiilille varattiin 3 kPa:n paine-ero. Valmistajan taulukosta saadaan esisäätöarvoksi 2,7.

Linjan 2 linjasäätöventtiileiden laskettu virtaama on 95,7 l/h. Linjan laskettu paine-ero on 3,2 kPa. Valmistajan taulukosta saadaan esisäätöarvoksi 2,8.

4.2.6 Tilaustehon/vesivirran määrittely

Tilausteho (sopimusteho) tarkoittaa asiakkaan käyttöön varattua suurinta tuntista lämpötehoa. Tilaustehon mittayksikkö on kW. [18, s. 5.]

Tilausvesivirta (sopimusvesivirta) tarkoittaa asiakkaan käyttöön varattua suurinta tuntista kaukolämpöveden virtausta. Tilausvesivirran mittayksikkö on m³/h. [18, s. 5.]

Tilausteho määritellään laskelmilla saadun mahdollisen huipputehon mukaan. Tilaustehoa määritettäessä tarkastellaan kohteen lämmityksen ja ilmanvaihdon laskettuja huipputehoja. Tässä tulee huomata, että ilmanvaihdon huipputeho saattaa myös olla -11°C -asteen mitoituslämpötilassa -26°C :n sijasta, koska ilmanvaihto puolitetaan ulkolämpötilan laskiessa alle -11°C :n. Lämmityksen tehoon tulee myös muistaa lisätä lämpimän käyttöveden kiertoverkostossa kiinni olevat käyttövesipatterit. Uudemmissa rakennuksissa käyttövesipattereita on yleensä jokaisen asuinhuoneiston kylpyhuoneessa tai/ja WC:ssä. Näiden teho on n. 100–200 W/ patteri.

5 Perussäädön toteutus

5.1.1 Lämpötilamittaukset ennen suunnittelun aloitusta

Ennen suunnittelun aloitusta optimitilanteessa on huoneistossa mitattu jokaisen huoneen ja yleisten tilojen lämpötilat. Näiden mittausten perusteella pystytään selvittä-

mään tarkasti, missä huoneistoissa ongelmia on ja johtuvatko ongelmat mahdollisesti jostain muista asioista kuin ainoastaan säätämättömästä lämmitysverkostosta. Esimerkiksi vanhoissa asuinkerrostaloissa ei välttämättä ole lainkaan linjasäätöventtiileitä, minkä vuoksi verkosto on vaikea perussäätää. Varsinkin jos kylmien ja kuumien huoneiden jakautuminen kerrostalossa ei ole loogista, eli kylmiä ja kuumia huoneistoja on eri puolilla taloa, olisi syytä tarkastella tarkemmin, voisivatko ongelmat johtua ulkoseinärakenteista, ovista tai ikkunoista, joista tapahtuisi lämpöhäviöitä enemmän ulos kuin on tarkoitus. Myös pattereiden mitoitus kannattaa tarkastaa. Ovatko patterit oikein mitoitettu ja pystyvätkö ne luovuttamaan huoneeseen tarvittavan määrän lämpöä?

Varsinainen asennustyö käynnistyy esisäätöarvojen asettamisella suunnitelmien mukaan. Esisäätöarvojen asettamisen jälkeen tehdään linjasäätöventtiileille virtausmittaukset. Ennen mittauksen alkua tulee verkosto ilmata hyvin, jotta varmistetaan tulosten luotettavuus. Huonosti tai kokonaan tekemättä jätetty ilmaus on ollut yleinen syy perussäädön epäonnistumiselle. Linjasäätöventtiileiden virtausmittauksilla saadaan selville mm seuraavia seikkoja:

- Onko ilmaus onnistunut hyvin?
- Ovatko linjakohtaiset virtaamat suunnitelman mukaisia?
- Onko putkistossa mahdollisia virtaamaa haittaavia tukoksia?
- Toimivatko kaikki linjaventtiilit oikein?
- Onko pumppu oikein valittu ja säädetty?

Säädön ja virtausmittausten jälkeen urakoitsija toimittaa mittaustulokset suunnittelijalle, joka tarkastaa tulokset. Suunnittelija tarkastaa omalta osaltaan mittaukset, puuttuu mahdollisiin ongelma-kohtiin ja antaa jatkotoimenpiteet tarvittaessa. Lopuksi pidetään tarkistusmittaukset joissa huonekohtaiset lämpötilat mitataan ja todetaan niiden olevan vaaditulla tasolla eli $21\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$. [13, s. 7.]

5.1.2 Esisäätöjen asetus suunnitelmien mukaan

Säätötyön alussa ilmoitetaan asukkaille ajankohta, jolloin asentaja tulee suorittamaan säädön. Esisäätöarvojen asetus itsessään vie hyvin vähän aikaa. Patteriventtiilin termostaattiosa irrotetaan, ja sen alta paljastuu patteriventtiilin säätöosa näkyviin. Säätöosassa on asteikko, johon on merkitty esisäätöarvot. Esisäätöarvoasteikon laajuus

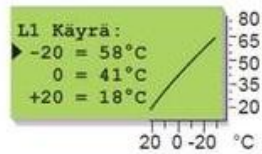
vaihtelee valmistajan ja venttiilin mallin mukaan. Asentaja asettaa esisäätöarvon haluttuun lukemaan ja jättää termostaattiosan kiinnittämättä, koska tällöin saadaan varmasti oikea mittatulos, kun mitataan linjasäätöventtiileiden virtaamia. Jos termostaatit kytkettäisiin heti takaisin, asukkaat saattaisivat kuristaa venttiiliä ennen linjasäätöventtiileistä tehtäviä mittauksia, jolloin ulkoiset häiritteijät kuten tuuletus, ruuanlaitto jne. vaikuttaisivat venttiilin auki/kiinni-asentoon termostaattiosan ollessa paikoillaan. Kun koko verkoston pattereiden esisäätöarvot on asetettu haluttuun arvoon, suoritetaan virtaamamittaukset linjasäätöventtiilistä mittalaitteen avulla. Linjasäätöventtiilistä mitataan nesteen paine-ero ja virtaama suunnittelijan antamalla esisäätöarvolla ja verrataan tulosta haluttuun virtaamaan. Esisäätöä muutetaan, kunnes linjaan saadaan suunniteltu virtaama. Suunnitelmissa esitetyt arvot ovat vain laskennallisia arvoja, ja ne eivät välttämättä vastaa todellisuutta. Varsinkin vanhoissa verkostoissa on useita ulkopuolisia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa mittaustuloksiin. Esimerkiksi verkostossa oleva lika ja kulumat vaikuttavat verkoston painehäviöihin. Linjasäätöventtiilin mittauksissa tärkeätä on saada suunnitelmissa laskettu virtaama kulkemaan linjasäätöventtiilin läpi, jotta linjaan saadaan kiertämään tarvittava vesimäärä, joka on edellytyksenä riittävälle lämmönluovutusteholle pattereista huoneeseen.

5.1.3 Säätökäyrän asetus & tarkastelu

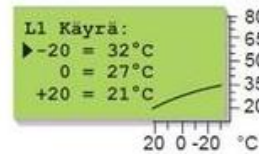
Koko rakennuksen lämmitystehoa voidaan säädellä säätökäyrän avulla. Säätökäyrä määritetään lämmitysverkostoon ajettavan menoveden ulkolämpötilan mukaan. Paluulämpötila muuttuu pattereiden luovuttaman lämmön mukaisesti. Jos esimerkiksi huomataan, että kylmällä säällä asunnot ovat liian kuumia, säädetään säätökäyrää hieman loivemmaksi, jolloin järjestelmään ajetaan kylmillä ilmoilla hieman viileämpää vettä. Jos taas kylmillä ilmoilla asunnoissa on liian kylmä, muutetaan säätökäyrää jyrkemmäksi. Jos leudoilla säillä huonelämpötilat ovat liian alhaisia, siirretään käyrää loivemmaksi ja tehdään sivuttaissiirto niin, että lämmityskäyrän alapää on korkeammalla kuin aiemmin. Jos taas leudoilla säillä huoneet ovat liian lämpimiä, siirretään säätökäyrää jyrkemmäksi ja tämän jälkeen sivuttaissiirrolla alaspäin niin, että säätökäyrän alapää siirtyy alemmalle lämpötilalle kuin aiemmassa tilanteessa (kuva 10).

ESIMERKKEJÄ SÄÄTÖKÄYRÄN ASETTELUSTA ERI LÄMMITYSJÄRJESTELMISSÄ:

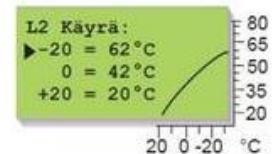
a) Normaali patteriverkosto
(L1-piirin tehdasasetus)



b) Lattialämmitys



c) IV-verkon esisäätö
(L2-piirin tehdasasetus)



OHJE:

Jos pakkasella huonelämpö laskee, nosta käyrän asettelua -20°C:ssa.
 Jos pakkasella huonelämpö nousee, laske käyrän asettelua -20°C:ssa.
 Jos huonelämpö tuntuu kolealta nollakelillä, nosta käyrän asettelua 0°C:ssa.
 Tällä tavoin voit asetella säätökäyrän juuri kiinteistösi lämmitystarpeen mukaiseksi.

Kuva 10. Säätökäyrä ja sen asetusesimerkkejä, Ouman Oy. [19, s. 5.]

6 Perussäätö eri tilanteissa

6.1 Uuden rakennuksen säätö

Uudisrakennusten lämmitysjärjestelmä säädetään aina rakennuksen yhteydessä. Uuden rakennuksen suunnitteluvaiheessa lasketaan rakennuksen ja huoneiden. Lämpöhäviöiden perusteella suunnittelija valitsee huoneisiin oikean kokoiset patterit. Nykyään suunnittelutyöstä tehdään suurin osa tietokoneavusteisesti. Kehittyneimmissä ohjelmisissa tietokone laskee patterimitoituksen jälkeen oikeat esisäädöt kullekin patterille automaattisesti. Suunnitelmat on kuitenkin hyvä tarkistaa myös manuaalisesti, sillä jos tietokoneella tehty lämmityssuunnitelma on jättänyt huomioimatta joitakin osia verkostosta, lämmitysverkoston säätöjen suunnittelu saattaa mennä pieleen.

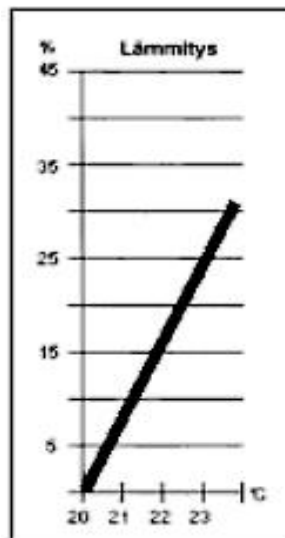
6.2 Vanhan asuinkerrostalon säätö

Jo olemassa olevan rakennuksen perussäätötyö toteutetaan usein rakennuksen muiden korjaustoimenpiteiden yhteydessä. Jos rakennuksessa tehdään julkisivuremonttia, ikkunaremonttia, lämmönjakolaitteiden uusintaa tai muita rakennuksen lämmitykseen vaikuttavia korjaustoimenpiteitä, kannattaa tämän yhteydessä harkita lämmitysjärjestelmän uudelleensäätöä, sillä lähes aina korjaustoimenpiteet vaikuttavat myös rakennuksen tarvitsemaan lämmitystehoon ja näin ollen suoraan pattereilta tarvittavaan lämmitystehoon. Esimerkiksi seinien tai ikkunoiden korjausten yhteydessä huoneen lämpöhäviöt saattavat vähentyä oleellisesti, kun lämmöneristys ja rakenteiden tiiveys paranee. Vanhoissa rakennuksissa venttiilien säätöarvoja on myös saatettu muuttaa

huoltomiehen tai muiden toimenpiteiden yhteydessä, jolloin koko lämmitysverkosto saattaa olla epätasapainossa.

7 Perussäätöön vaikutus rakennuksen lämmityskuluihin

Rakennuksissa, jonka lämmitysjärjestelmää ei ole perussäädetty, joudutaan rakennusta lämmittämään aina kylmimpien asuntojen ehdoilla. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että rakennuksen kylmimmissä osissa huonelämpötilat ovat halutulla tasolla, mutta verkoston muissa osissa syntyy yllämpöä johtuen verkoston perussäätämättömyydestä. Tässä tapauksessa rakennuksen lämmityskustannukset ovat huomattavasti korkeammat verrattuna perussäädettyyn verkostoon. Yhden celsiusasteen keskilämpötilapudotus vastaa noin 5–8 %:n pudotusta lämmityskustannuksissa (kuva 11). [20, s. 6.]



Kuva 11. Energiakustannusten prosentuaalinen nousu huonelämpötilaan nähden [20, s. 6].

Tutkimusten mukaan parhaimmassa tapauksessa rakennusten lämmitysenergian kuluista voidaan pelkällä perussäädöllä pudottaa n. 10–15 %. [13, s. 3.] Liitteessä 5 on esitetty laskelmat lämmitysenergian säästöistä, jossa verrataan 20 000 m³ rakennustilavuudeltaan 1300 MWh/vuodessa lämmitysenergiaa kuluttavan asuinrakennuksen tilannetta ennen ja jälkeen perussäädön. Laskelmissa oletettiin perussäätöön maksavan 20 000 euroa, joka kohdistuu kustannuksiin vuodelle 2012. Laskelmista voidaan huomata, että 10 % lämmitysenergian säästöllä perussäädön jälkeen perussäätöön maksaa itsensä takaisin jo kolmantena vuonna. Kaikki tämän jälkeen on pelkkää säästöä rakennuksen lämmitysenergiakuluissa. Laskelmat on tehty Pistoke Oy:n energialaskentaohjelmalla. [21]

8 Pohdintaa

Opinnäytetyön tavoite oli tuottaa teos, jonka avulla vielä koulussa oleva, mahdollisesti työharjoitteluaan tekevä opiskelija saa lukiessaan apukeinoja vesikiertoisen patterilämmityksen perussäätötyön suunnitteluun, projektinhallintaan ja valvontaan. Aloittaessani itse työharjoittelun nykyisessä yrityksessäni huomasin, että lämmitysjärjestelmien perussäädöstä on hyvin vähän selkeitä ja helposti luettavia tekstejä siitä, mistä tarkalleen ottaen perussäädössä on kysymys ja kuinka perussäätötyön suunnittelu ja laskenta tulee suorittaa. Työ onkin suunnattu ammattikorkeakouluopiskelijoille. Työstä on jätetty syvälinen teoreettinen tarkastelu pois, jotta teksti olisi oikeasti helposti lähestyttävä.

Työssä pyritään antamaan kokonaiskuva lämmitysjärjestelmistä Suomessa ja antamaan lukijalle tarvittava määrä tietoa lämmitysjärjestelmissä käytettävistä laitteista, niiden toiminnasta ja säätämisestä. Opinnäytetyössä havainnollistetaan esimerkkien avulla perussäätötyössä käytettäviä laskukaavoja, ja kaavat on pyritty esittämään selkeästi ja johdonmukaisesti.

Työn alkuvaiheessa oli tarkoitus perehtyä enemmänkin teoreettisella tasolla perussäädön vaikutuksiin kiinteistössä ja tarkastella enemmän perussäädön teoreettista puolta. Opinnäytetyöprosessin aikana käytyjen useiden keskustelujen ja omien kokemusten ja pohdintojen pohjalta syntyi kuitenkin ajatus tuottaa teksti, jossa kerrotaan mahdollisimman selkeästi, mistä perussäädössä on kysymys. Aikomukseni on perehtyä tarkemmin perussäädön teoreettiseen puoleen myös energiataloudellisuuden kannalta tulevassa insinöörityössäni.

Lähteet

- 1 Kaukolämmitys. 2009. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry.
<<http://www.energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>>. Luettu 22.4.2012.
- 2 Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökit. Verkkojulkaisu. ISSN=1798-677X. 2010. Liitetaulukko 3. Rakennukset lämmitysaineen mukaan 1970-2010 . Helsinki: Tilastokeskus.
<http://www.stat.fi/til/rakke/2010/rakke_2010_2011-05-26_tau_003_fi.html>.
- 3 Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökit. Verkkojulkaisu. ISSN=1798-677X. 2010, Liitetaulukko 1. Rakennukset, asunnot ja henkilöt talotyypin ja kerrosluvun mukaan 31.12.2010 . Helsinki: Tilastokeskus.
<http://www.stat.fi/til/rakke/2010/rakke_2010_2011-05-26_tau_001_fi.html>.
- 4 Seppänen Olli. 1995. Rakennusten lämmitys. Helsinki: Suomen LVI-yhdistysten liitto ry.
- 5 Kilpailukykyinen ja vakaa hinta. 2012. Verkkodokumentti Fortum Oyj.
<<http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/kaukolampo/tuotteet-ja-hinnat/vakaa-hinta/pages/default.aspx>>. Luettu 1.5.2012.
- 6 Kaukolämmön asema Suomen energijärjestelmässä tulevaisuudessa. Verkkodokumentti. 26.8.2011. Pöyry Management Consulting Oy.
<<http://www2.energia.fi/kaukolampo/KLAsemaLoppuraportti52A14971.pdf>>
- 7 Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet. 2007. Verkkodokumentti. Energiateollisuus.
<http://www.energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1_2003_04072007_0.pdf>.
- 8 Harju Pentti. 2010. Verkkojulkaisu. Lämmitystekniikan oppikirja.
<http://www.penantieto-opus.fi/files/lammitystekniikan_oppikirja.pdf>. Luettu 21.3.2012
- 9 RA-2000 Termostaattianturit tekninen esite. 2011. Verkkodokumentti. Oy Danfoss AB. <http://lampo.danfoss.com/PCMPDF/VD53F620_keym.pdf>.
- 10 Harju Pentti. 2004. Lämmitystekniikan oppikirja. Penan Tieto-Opus Ky.
- 11 Tekniset tiedot. 2011. Verkkodokumentti. TA Hydronics Oy.
<www.tahydronics.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/ta-balancing-and-control/linjasaatoventtiilit/linjasaatoventtiilit/stad/>.
- 12 Motiva Oy. Verkkosivu. 2010.
<http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/lammitysverkoston_perussaato>. Luettu 28.2.2012.
- 13 Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston. 2002. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<<http://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf>>.

- 14 LVI 19-10400. Kaukolämpölaitteiden hoito ja huolto. 2006. Ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö.
- 15 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2007. Suomen rakennusmääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 16 Lämmöneristys, ohjeet. 2003. Suomen rakennusmääräyskokoelma, osa C4. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 17 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakennusmääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 18 LVI 10-10306. Kaukolämmön tilaustehon ja -vesivirran määritys ja tarkistaminen. 2000. Ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö.
- 19 EH-203 Käsikirja. 2011. Verkkodokumentti. Ouman Oy.
<http://www.ouman.fi/files/kayttoohjeet/eh-203_kasikirja.pdf>
- 20 Patteriverkoston säätäminen. 2011. Verkkodokumentti. TA Hydronics Oy.
<www.vantalvi.fi/uploads/files/TA_KIRJA__2_2011.pdf>.
- 21 Pistoke Oy. 2011. Verkkosivu. <<http://pistoke.fi/node/22>>. Luettu 5.5.2012.

Liite 1. Huonelämmityksen tehon laskentakaavat Suomen rakentamismääräyskokoelma osan D5 mukaan. [15]

9.1.3

Huonelämmityksen tehon tarve $\phi_{\text{huonelämmitys}}$ lasketaan kaavalla (9.2)

$$\phi_{\text{huonelämmitys}} = \phi_{\text{joht}} + \phi_{\text{vuotoilma}} + \phi_{\text{iv}} - \phi_{\text{tuloilmapatteri}} \quad (9.2)$$

jossa

$\phi_{\text{huonelämmitys}}$	huonelämmityksen tehon tarve, W
ϕ_{joht}	tilojen johtumisteho, W
$\phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmitysteho tilassa, W.
ϕ_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W
$\phi_{\text{tuloilmapatteri}}$	tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve, W

$$\phi_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} (T_s - T_{u, \text{mit}}) \quad (9.3)$$

jossa

ϕ_{joht}	johtumislämmitysteho, W
$\sum H_{\text{joht}}$	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u, \text{mit}}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C.

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \sum (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \sum (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \sum (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}) \quad (4.2)$$

joissa

Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
$\sum H_{\text{joht}}$	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A	rakennusosan pinta-ala, m ²

$$\phi_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}} (T_s - T_{u, \text{mit}}) \quad (9.4)$$

jossa

$\phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, W
$H_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u, \text{mit}}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{vuotoilma}} \quad (4.6)$$

joissa

$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$H_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s

4.2.2

Vuotoilmavirta $q_{v,vuotoilma}$ lasketaan kaavalla (4.7).

$$q_{v,vuotoilma} = n_{vuotoilma} V / 3600 \quad (4.7)$$

jossa

$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m^3/s
$n_{vuotoilma}$	rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h
V	rakennuksen ilmatilavuus, m^3
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos $m^3/h \rightarrow m^3/s$.

$$\phi_{iv} = H_{iv} (T_s - T_{u,mit}) \quad (9.5)$$

jossa

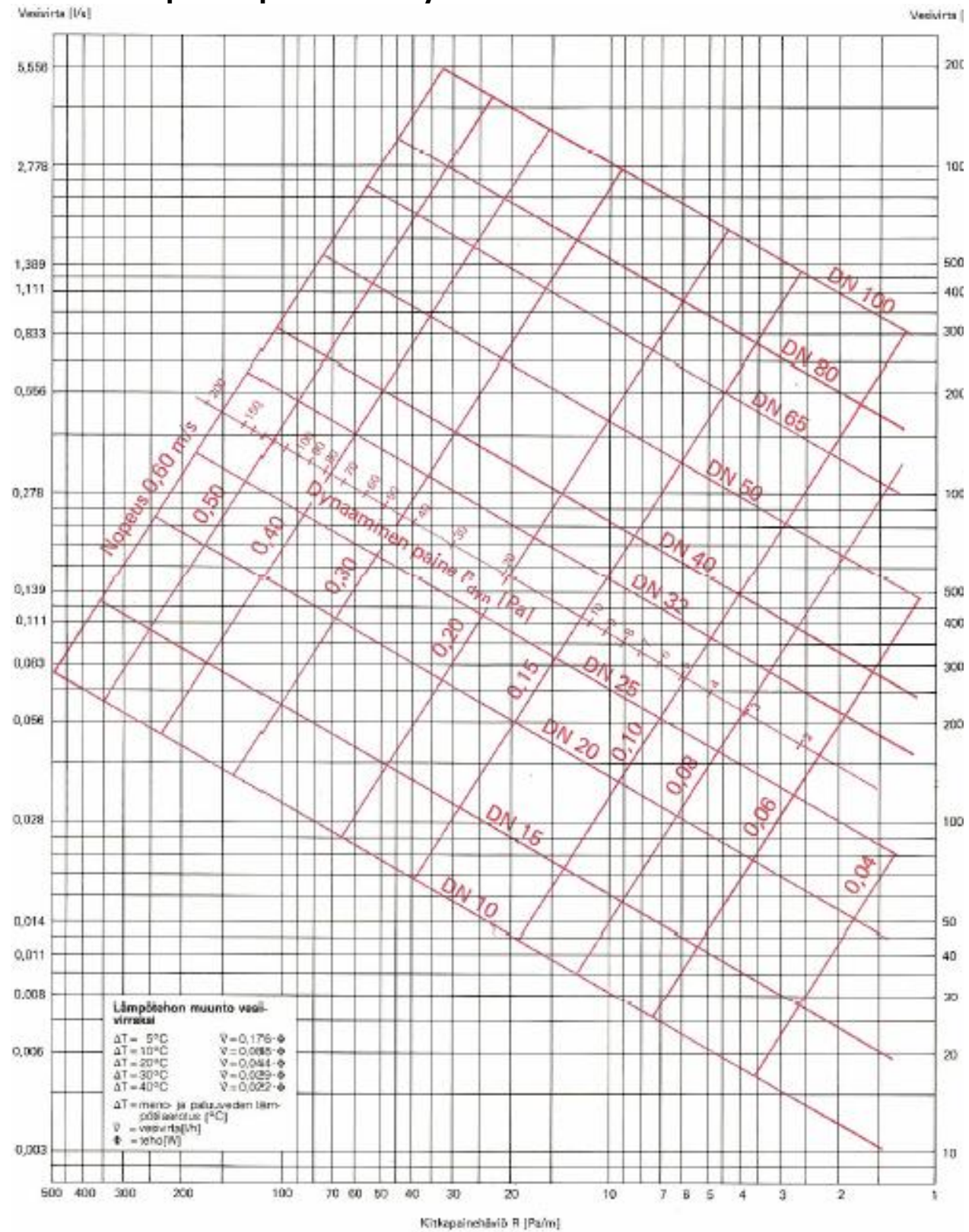
ϕ_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W
H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
T_s	sisäilman lämpötila, $^{\circ}C$
$T_{u,mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, $^{\circ}C$.

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} (1 - \eta_{p,mit}) \quad (9.6)$$

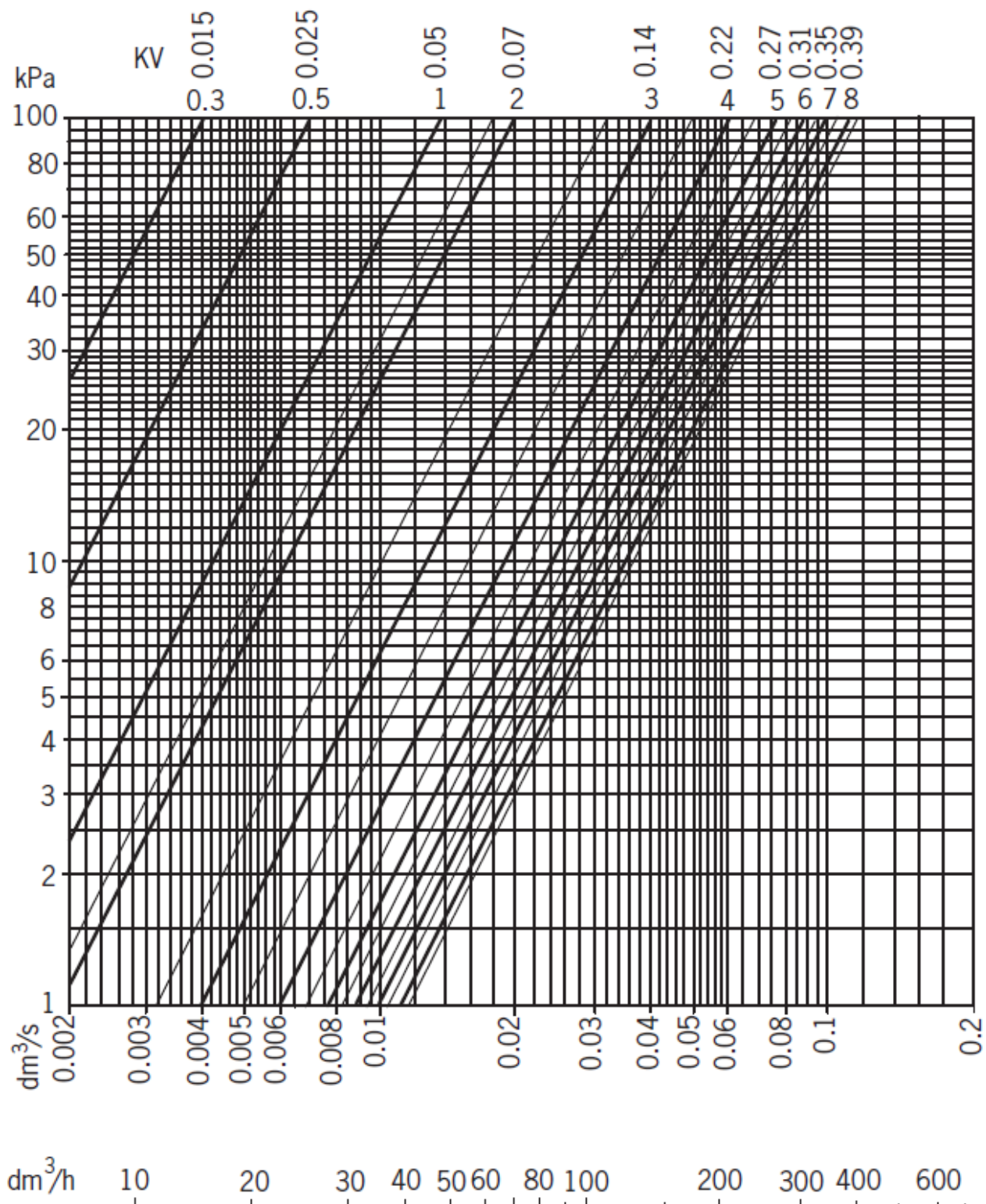
jossa

H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	ilman tiheys, $1,2 \text{ kg}/m^3$
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, $1000 \text{ Ws}/(\text{kgK})$
$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m^3/s
$\eta_{p,mit}$	lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusolosuhteissa.

Liite 2: Teräsputken painehäviökäyrästä

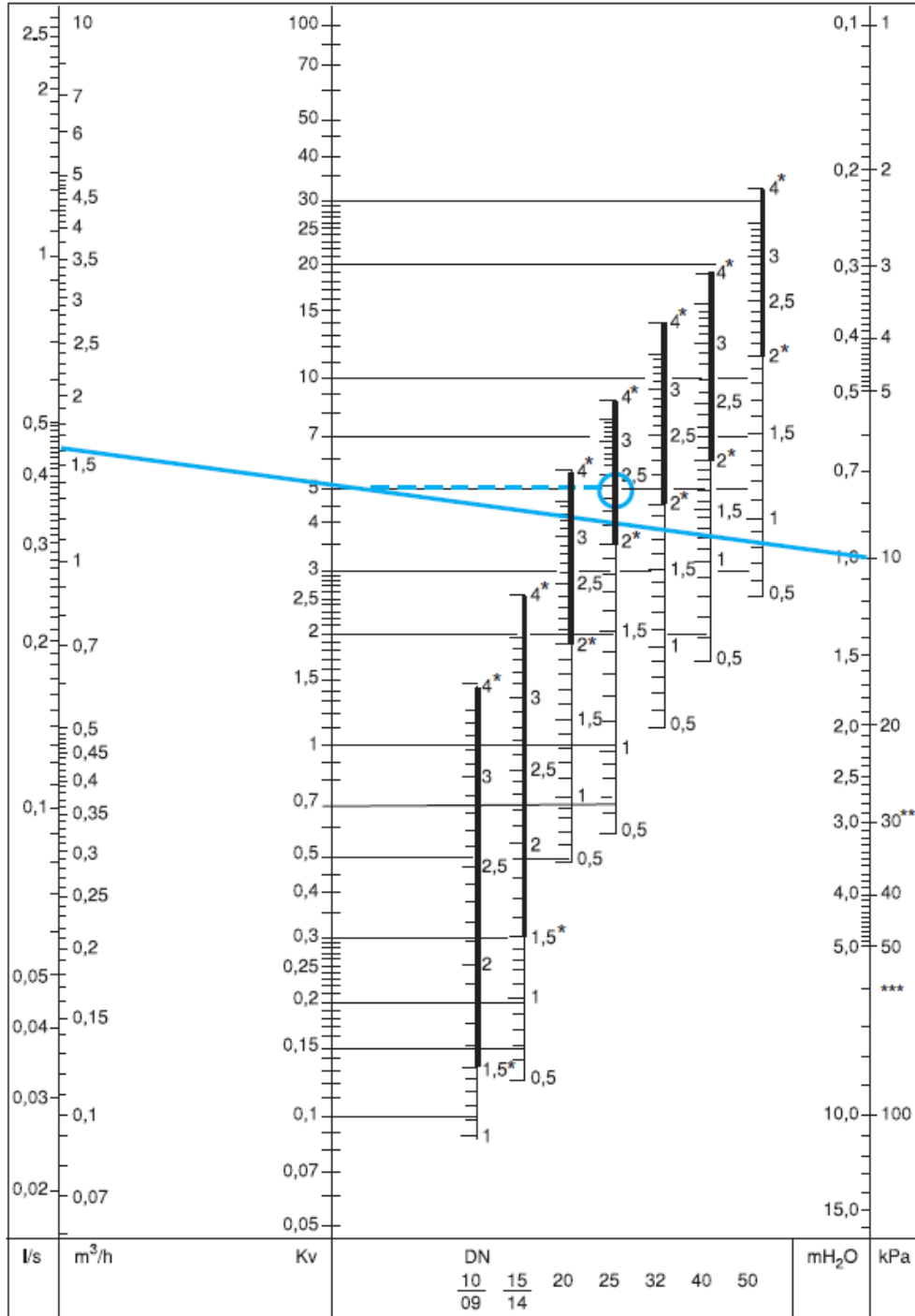


Liite 3: Oras Stabila termostaattisen patteriventtilin virtaamakäyrä DN10 ja DN 15



Liite 4: TA-STAD linjasäätöventtiilin virtaamakäyrästä

Painehäviö mitataan venttiilin mittausyhteistä. Säätöventtiilin asentoa vastaava kv-arvo (ja päinvastoin) saadaan yhdistämällä ao venttiilikokoa vastaava ja kv arvo pylväsasteikko vaakasuoralla viivalla. Pylväsasteikot virtaama - Kv - painehäviö yhdistävän suoran leikkauspisteistä saadaan halutut arvot.



Liite 5: Perussäätötyön energiansäästö-laskelmat [21]**Lähtötiedot**

Rakennustilavuus	20 000 m ³	
Asukasmäärä	100 kpl	
Lämpöenergian tarve		
ennen perussäätöä	1300 MWh/v	
Kaukolämmön hinta	7,458 c/kWh	(http://www.energia.fi/sites/default/files/hinta_010112.pdf)
hinnan nousu	7,08 %/v	(10v keskiarvo 2000-2010)

Lämmityskustannukset ilman perussäätöä		Lämmityskustannukset perussäädettynä (-10%)		(Sisältää perussäätötyön hinnan 20 000 €)
2012	99 954 €	2012	110 728 €	
2013	107 031 €	2013	97 151 €	
2014	114 609 €	2014	104 030 €	
2015	122 723 €	2015	111 395 €	
2016	131 412 €	2016	119 282 €	
2017	140 716 €	2017	127 727 €	
2018	150 679 €	2018	136 770 €	
2019	161 347 €	2019	146 453 €	
2020	172 770 €	2020	156 822 €	
2021	185 002 €	2021	167 925 €	
2022	198 101 €	2022	179 814 €	
2023	212 126 €	2023	192 545 €	
2024	227 145 €	2024	206 177 €	
2025	243 226 €	2025	220 775 €	
2026	260 447 €	2026	236 406 €	
3v	321 594	3v	311 909	
5v	575 729 €	5v	542 586 €	
10v	1 386 243 €	10v	1 278 283 €	
15v	2 527 288 €	15v	2 314 000 €	