

Sami Husso

Asuntokohtaisten ilmanvaihtotuotepakettien hyödyntäminen kerrostalon tarjouslaskennassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

28.4.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sami Husso Asuntokohtaisten ilmanvaihtotuotepakettien hyödyntäminen kerrostalon tarjouslaskennassa 35 sivua + 8 liitettä 28.4.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaajat	LVI-insinööri Reima Alanko yliopettaja Juhani Eskelinen
<p>Insinööriyön tavoitteena oli tutkia ja kehittää menetelmiä määrälaskennan tehostamiseen ilmanvaihtourakassa. Työssä tutustuttiin kerrostalon yleisimpiin ilmanvaihtojärjestelmiin ja niiden tuotteisiin. Työssä kehitettiin yksinkertaisia menetelmiä tarjouslaskennan tehokkuuden lisäämiseen ja testattiin niiden toimintaa käytännön olosuhteisiin referenssikohteiden avulla.</p> <p>Työn perusteissa esitellään kerrostalojen nykyiset ilmanvaihtojärjestelmät ja niiden toiminta lyhyesti. Työssä esitellään ja vertaillaan tyypillisiä asuinhuoneistoissa esiintyviä ilmanvaihtotuotteita ja niiden ominaisuuksia. Kaikkiin järjestelmiin ja tuotteisiin ei perehdytä työssä yksityiskohtaisesti aiheen laajuuden vuoksi, vaan tarvittavissa määrin tarkasteltavien eroavaisuuksien selventämiseksi.</p> <p>Työssä esitellään myös työhön valitut ja työn perustana olevat referenssikohteet. Työn keskeisessä osassa on asuntokohtaisten ilmanvaihtotuotepakettien kehittäminen tarjouslaskennan määrälaskentaa varten. Työssä esitetään ilmanvaihtotuotepakettien kehitysmenetelmät ja tuotepakettien välisiä eroja.</p> <p>Työn viimeisessä osassa ilmanvaihtotuotepakettien toimintaa testataan käytännön olosuhteisiin. Testin tuloksia verrataan asetettuihin tavoitteisiin ja tehdään johtopäätökset niiden pohjalta. Työssä otetaan lyhyesti kantaa myös kehitettyjen laskentamenetelmien hyötyihin ja jatkokehitykseen.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihto, tarjouslaskenta

Author Title Number of Pages Date	Sami Husso Utilizing apartment based ventilation product packages in tender calculation 35 pages + 8 appendices 28 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Reima Alanko, HVAC Engineer Juhani Eskelinen, Lecturer
<p>The goal of the final year project was to study and develop methods to enhance the efficiency of quantity calculation for a ventilation contract. The ultimate goal was to develop apartment based quantity packages to be utilized in tender calculation. The project focused on the most common ventilation systems with their parts and devices in apartment buildings. As part of the project, simple methods to enhance quantity calculation were developed and tested.</p> <p>First, information was gathered about modern ventilation systems for apartment buildings, and their operation. The features of products of various manufacturers were compared. Because the subject is broad the project only covered the essential details of ventilation systems and various products to clarify the differences.</p> <p>Some case buildings were used as a basis of the project. The methods for creating quantity packages, as well as the differences between the packages, were presented in the thesis.</p> <p>The ventilation product packages were also tested. The test results were compared to the goals set for them. The benefits of the calculation methods were listed, and some possibilities for further development were given. The final year project provides a tool for daily use in tender calculation.</p>	
Keywords	ventilation, offer calculation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kerrostalon ilmanvaihtojärjestelmä	3
2.1	Ilmanvaihtokone	3
2.1.1	Hajautetun järjestelmän ilmanvaihtokone	3
2.1.2	Keskitetyn järjestelmän ilmanvaihtokone	4
2.2	Kanavistot	5
2.2.1	Hajautetun järjestelmän kanavistot	6
2.2.2	Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän kanavistot	7
2.3	Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus	8
2.3.1	Hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus	8
2.3.2	Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus	8
2.4	Äänenvaimennus	9
2.4.1	Hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä	9
2.4.2	Keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä	10
2.5	Ilmavirtojen hallinta	10
2.5.1	Hajautetun järjestelmän ilmavirtojen hallinta	10
2.5.2	Keskitetyn järjestelmän ilmavirtojen hallinta	11
2.6	Paloturvallisuus	11
2.7	Eristykset	12
3	Referenssikohteet	13
3.1	Referenssikohde HK1	13
3.2	Referenssikohde HK2	14
3.3	Referenssikohde HK3	14
3.4	Referenssikohde KK1	15
3.5	Referenssikohde KK2	15
3.6	Referenssikohde KK3	16
3.7	Vertailukohde keskitetyllä ilmanvaihtojärjestelmällä	16
4	Ilmanvaihtotuotepaketin rakentaminen	18
4.1	Määrälaskenta	18
4.2	Yhtäläisyydet	18
4.2.1	Laskentapaketteihin valitut ilmanvaihtotuotteet	19

4.2.2	Laskentapaketista karsitut ilmanvaihtotuotteet	19
4.3	Laskentapakettien muodostaminen ja tuotemäärien vertailu	23
4.3.1	Referenssikohteiden ilmanvaihtotuotteet	23
4.3.2	Määrävertailu	25
5	Ilmanvaihtotuotepakettien testaus ja tulokset	29
5.1	Vertailukohteen määrälaskenta ja tuotemäärien vertailu	29
5.2	Ilmanvaihtotuotepakettien käyttö ja kehitysmahdollisuudet	31
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	34
	Liitteet	
	Liite 1. Määrälaskentapohja	
	Liite 2. Hajautetun järjestelmän yksiöt	
	Liite 3. Hajautetun järjestelmän kaksiot	
	Liite 4. Hajautetun järjestelmän kolmiot	
	Liite 5. Keskuskoneelliset yksiöt	
	Liite 6. Keskuskoneelliset kaksiot	
	Liite 7. Keskuskoneelliset kolmiot	
	Liite 8. Vertailukohde	

Lyhenteet

LVIS lämpö, vesi, ilmastointi ja sähkö

SRMK Suomen rakentamismääräyskokoelma

1 Johdanto

Insinööriyön tilaajana oli Tatec Oy (logo, kuva 1). Tatec Oy on vuonna 2013 perustettu LVIS-urakointiliike Vantaalta, jonka päätoimialuetta on pääkaupunkiseutu. Yrityksen liiketoiminta keskittyy suurelta osin uudisrakentamiseen ja kerrostalorakentamiseen, joka on nähtävissä myös Tatec Oy:n referensseissä. (1)



Kuva 1. Tatec Oy, yrityksen logo (2).

Pääkaupunkiseudun tämänhetkisen vilkkaan asuntotuotannon ansiosta kerrostalokoh- teita rakennetaan paljon. Kerrostaloja on tarjouslaskennassa runsaasti, ja näin syntyi tarve tutkia tehostusmahdollisuuksia kerrostalojen tarjousvaiheen määrälaskentaan.

Tarjousvaiheessa kohteiden taloteknisten tuotteiden määrittäminen tapahtuu laajalti vielä perinteisin menetelmin käsin laskemalla paperisista rakennussuunnitelmista. Sähköisessä muodossa olevia suunnitelmia ei usein ole saatavilla tarjouspyyntöasiakir- jien mukana, ja tällöin tuotemääriä laskevia määrälaskentaohjelmia ei voida käyttää.

Työssä otetaan tarkempaan tarkasteluun ilmanvaihtojärjestelmät ja ilmanvaihtotuottei- den määrälaskenta. Työn tarkoituksena oli määrittää referenssikohteiden avulla ilman- vaihtotuotteiden keskimääräiset suunnitelmissa esiintyvät tuotemäärät kerrostalojen yleisimpiin asuinhuoneistotyyppeihin. Työssä esitellään keskitetty ja hajautettu koneel- linen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, vertaillaan referenssikohteiden ilmanvaihto- järjestelmien yhtäläisyyksiä ja eroja sekä testataan kehitettyjä tehostusmenetelmiä määrälaskentaan ja tutkitaan niiden tuloksia. Työssä otetaan lyhyesti kantaa myös ke- hitettyjen määrälaskentamenetelmien jatkokehitysmahdollisuuksiin.

Työn tilaajalle jäävät käyttöön referenssikohteiden avulla määritetyt asuntokohtaiset ilmanvaihtotuotepaketit määrälaskentaan sekä työkalu asuntokohtaisten ilmanvaihtotuotepakettien luomiseen, vertailuun ja jatkokehitykseen. Työn tilaaja saa käyttöönsä myös työn tulokset ja johtopäätökset ilmanvaihtotuotepakettien toimivuudesta käytännön olosuhteissa.

2 Kerrostalon ilmanvaihtojärjestelmä

Kerrostalon ilmanvaihtojärjestelmän perustana on Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 (2012) Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet (3). Ilmanvaihtolaitosten on täytettävä myös muiden sitä koskevien rakentamismääräyskokoelmien vaatimukset, sekä viranomaisten ja laitosten antamat ohjeet käyttötarkoituksesta riippuen. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 ilmanvaihtojärjestelmien suunnittelusta on määrätty muun muassa seuraavasti:

Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnittelun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle (3, s. 9).

2.1 Ilmanvaihtokone

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä tarkoittaa, että rakennukseen tuotava ulkoilma ja rakennuksesta poistuva jäteilma ovat molemmat toteutettu koneellisesti. Rakennuksen tiloja voi palvella yksi tai useampi ilmanvaihtokone. Ilmanvaihtokoneiden lukumäärään ja päädyttyihin teknisiin ratkaisuihin vaikuttavat muun muassa rakennuskohteen tilaajan vaatimukset ja ilmanvaihtojärjestelmän taloudellisuus.

2.1.1 Hajautetun järjestelmän ilmanvaihtokone

Hajautetussa ilmanvaihtojärjestelmässä jokaista asuinhuoneistoa palvelee oma ilmanvaihtokone. Ilmanvaihtokone on yleensä sijoitettu kylpyhuoneeseen tai kodinhoitohuoneeseen käytännön syistä. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 liitteessä 1 (3, s. 25) on esitetty asuinrakennusten äänitasojen ohjearvot. Kylpyhuoneen suurin sallittu äänitaso on esimerkiksi lievempi kuin asuinhuoneiston oleskelutiloissa.

Ilmanvaihtokone tarvitsee myös viemäroinnin ilmasta syntyvälle kondenssivedelle ja tästä syystä sijoitus märkätiloihin on järkevin ratkaisu. Koneen kondenssiviemäri johdetaan muiden viemärointiä tarvitsevien kodinkoneiden tavoin esimerkiksi lattiakaivoon, kuivakaivoon tai pesualtaan viemärointiin vesilukon yläpuolelle viemärihajujen estämiseksi. Kuvassa 2 ilmanvaihtokoneen kondenssiviemäri on yhdistetty kylpyhuoneen tai kodinhoitohuoneen seinän sisässä kulkevan pystyviemäriin poistokulmaan (4). Pysty-

viemäri puolestaan yhdistyy esimerkiksi huonetilan sivuyhteellä varustettuun lattiakai-
voon (5).



Kuva 2. Ilmanvaihtokoneen kondenssiviemäröinti pystyviemäriin poistokulmaan kytkettynä (6).

Huoneistokohtainen ilmanvaihtokone on yleensä varustettu ristivirtaisella, ristivastavir-
taisella tai pyörivällä lämmöntalteenotolla. Ulkoilma koneelle otetaan yleensä raken-
nuksen ulkoseinustalta ja jäteilma johdetaan vesikatolle.

2.1.2 Keskitetyn järjestelmän ilmanvaihtokone

Keskitetyssä koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä useita eri asuntoja
palvelee yhteinen ilmanvaihtokone. Ilmanvaihtokone on yleensä sijoitettu vesikatolla tai
ullakolla sijaitsevaan erilliseen ilmanvaihtokonehuoneeseen kuten kuvassa 3.



Kuva 3. Ilmanvaihtokone konehuoneessa

Ilmanvaihtokonehuoneeseen sijoitetaan lattiakaivo, johon ilmanvaihtokoneen kondenssiviemärit johdetaan (3, s. 20). Ulkoilma koneelle otetaan joko ulkoseinän kautta tai vesikatolta. Jäteilma johdetaan yleensä vesikatolle, mutta se voidaan myös johtaa ulos seinän kautta D2:n kohdassa 3.4. esittämässä rajoissa (3, s. 11).

2.2 Kanavistot

Kerrostalojen ilmanvaihtokanavat tehdään lähes poikkeuksetta kuvan 4 mukaisista peltisistä kierresaumakanavista ja osista. Asuinhuoneistojen ilmanvaihtokanavat ovat yleensä muun tekniikan tavoin piilotettu peittävin rakentein, eivätkä ilmanvaihtokanavat ole asunnoissa suoraan näkyvillä.



Kuva 4. Asuinhuoneiston ilmanvaihdon tyypillisiä komponentteja (7).

2.2.1 Hajautetun järjestelmän kanavistot

Hajautetussa ilmanvaihtojärjestelmässä ulkoilma- ja jäteilmakanavat kulkevat huoneiston kautta ilmanvaihtokoneelle, sekä tulo- ja poistoilmakanavat koneelta huonetiloihin. Kuvassa 5 ilmanvaihtokanavat on asennettu rakenteilla olevan kylpyhuoneen katon yläpuoliseen tilaan ja kytketty huoneen oikeassa takanurkassa sijaitsevaan ilmanvaihtokoneen asennuslevyyn, johon ilmanvaihtokone kiinnitetään myöhemmin kylpyhuoneen seinien ja kattorakenteiden valmistuttua.



Kuva 5. Kylpyhuoneen kattorakenteisiin asennettuja ilmanvaihtokanavia.

Huoneistokohtainen ulkoilmakanava viedään mahdollisuuksien rajoissa rakennuksen varjoisimmalle ja viileimmälle seinustalle ja rakennuksen eteläpäätyä pyritään välttämään ulkoilmanotossa. Toisaalta ulkoilmakanava johdetaan pääsääntöisesti myös ulos asuinhuoneiston omien ulkoseinien asettamissa rajoissa. Kanavien läpivientejä yleisten tilojen tai muiden huoneistojen kautta pyritään välttämään huoneistokohtaisten palovaatimusten takia (8, s. 14). Huoneistojen jäteilmakanavat viedään vesikatolle ilmanvaihdon pystyhormeja pitkin, jotka voivat olla ilmanvaihtokanavista paikan päällä rakennettuja tai kerrostaloissa usein käytettyjä valmiita betonielementtihormeja, jotka asennetaan rakennuksen rungon yhteydessä (9).

Asuntojen kanavien mitoitus perustuu D2:n määrittämiin tilakohtaisiin ilmavirtoihin (3, s. 25). Huoneistojen vakioilmavirroista johtuen kerrostaloasuntojen suunnitelmissa esiintyy harvoin yli 160 mm halkaisijaltaan olevia kanavia.

2.2.2 Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän kanavistot

Keskitetyssä ilmanvaihdossa asuntojen huonetiloihin tuodaan vain tulo- poistoilmakanavat. Runkokanavat sijaitsevat tasakattoisen vesikaton eristetilassa kuten kuvassa 6 tai harjakattoisen rakennuksen ullakolla. Kerrosten läpi nousevat tulo- ja poistoilmahormit ovat kanavista rakennettavia tai tehdasvalmiita elementtihormeja (9), joista kanavat yhdistyvät keskitetylle ilmanvaihtokoneelle vieviin runkokanaviin.



Kuva 6. Eristettyjä runkokanavia vesikaton eristetilassa ennen peittävän eristekerroksen asennusta.

2.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus

Kanaviston puhdistuksesta on määrätty vähimmäisvaatimukset Suomen rakentamismääräyskokoelman osissa D2 (3, s. 19) ja E7 (10). Lisäksi puhdistusluukkuja voidaan lisätä tarvittaviin paikkoihin pohjaratkaisuista riippuen.

2.3.1 Hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus

Hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän kanavissa puhdistusluukkujen tarve on pienempi kuin keskitetyssä, sillä tulo- ja poistoilmakanavat kulkevat vain huoneiston ilmanvaihtokoneelta asunnon huonetiloihin asti. Tulo- ja poistoilmakanavien vaatimusten mukainen puhdistettavuus täyttyy usein ilman erillisiä puhdistusluukkuja, sillä kanaviston puhdistus voidaan riittävässä määrin suorittaa ilmanvaihtoventtiilien ja ilmanvaihtokoneen kautta. Ulkoilma- ja jäteilmakanaviin voidaan tarvita puhdistusluukkuja toteutustavasta riippuen.

2.3.2 Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus

Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän kanavissa kanavavarusteita on enemmän. Keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä huoneistojen tulo- ja poistoilmakanavissa on yleensä puhdistusluukut pystyhormien ylä- ja alapäissä. Kuvassa 7 puhdistusluukku on asennettu elementtihormiliitoksen vasemmalle puolelle ennen muita varusteita pystyhormin puhdistusmahdollisuutta varten.



Kuva 7. Kahvalla varustettu puhdistusluukku asennettuna äänenvaimentimen ja säätöpellin oikealle puolelle ennen elementtihormin liitosta.

Asuntojen lisäksi puhdistusluukkuja on tarvittava määrä runkokanavissa, ilmanvaihtokonehuoneissa ja muiden kanavavarusteiden, kuten palopeltien yhteydessä.

2.4 Äänenvaimennus

Koneellisesta ilmanvaihtojärjestelmästä syntyy ääntä useista eri syistä. Laitteiden liikkuvista komponenteista syntyy ääntä ja värähtelyä ympäristöön ja rakenteisiin. Koneiden lisäksi ääntä syntyy ilman virtauksista kanavistossa ja ympäristöstä tulevat äänet voivat kulkeutua kanavia pitkin huonetiloihin.

2.4.1 Hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä

Asuinhuoneistokohtainen ilmanvaihtokone aiheuttaa ääntä ulospäin ympäristöön ja kanaviin. Lisäksi ääntä aiheuttavat ilmavirrat ja ilmanvaihtuventtiilit. Koneesta aiheutuvat äänet on ilmoitettu valmistajien teknisissä dokumenteissa (11). Suunnittelija tarkastaa koneiden soveltuvuuden kerrostalojen ilmanvaihtoon, niin etteivät sallitut tilakohtaiset ääniarvot ylity (3, s. 25).

Koneesta kanaviin kantautuvat äänitasot selvittää suunnittelija ja valitsee tarpeenmukaiset äänenvaimentimet kanaviin. Huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen äänenvaimentimet huoneistossa ovat usein suuremmat kuin keskitetyssä järjestelmässä, sillä keskitetyn järjestelmän ilmanvaihtokone sisältää jo yleensä äänenvaimentimet joko kiinteästi koneessa tai runkokanavissa. Kerrostaloissa käytettävissä huoneistokohtaisissa ilmanvaihtokoneissa ei yleensä ole kiinteitä äänenvaimentimia, sillä laitevalmistajat pyrkivät rakentamaan ne mahdollisimman pienikokoisiksi.

2.4.2 Keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä

Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän ilmanvaihtokone sijaitsee erillisessä konehuoneessa. Ilmanvaihtokoneen asennus ja konehuoneen rakenne pyritään suunnittelemaan niin, etteivät koneen ympäristöön aiheuttamat äänet johdu asuintiloihin.

Runkokanavissa tai ilmanvaihtokoneessa on äänenvaimentimet vähintään tulo- ja poistoilmakanavissa. Rakennuksen sijainnista ja määräyksistä riippuen myös ulko- ja jäteilmakanaviin voidaan tarvita äänenvaimentimet vaimentamaan ulkopuoliseen ympäristöön kulkeutuvaa ääntä. Asunnoissa on tulo- ja poistoilmakanavissa äänenvaimentimet vaimentamassa koneelta kanaviin lähtevää ääntä ja estämässä kanavia pitkin asunnosta toiseen kulkeutuvia ääniä.

2.5 Ilmavirtojen hallinta

Ilmavirtojen hallinnassa on hajautetun ja keskitetyn ilmanvaihdon välillä huomattavia eroja. Yhteistä molemmilla järjestelmillä on ilmavirtojen hienosäätö, joka tapahtuu päätelaitteiden avulla. Huoneiston päätelaitteisiin lukeutuu tulo- ja poistoilmaventtiilit sekä liesikuvut.

2.5.1 Hajautetun järjestelmän ilmavirtojen hallinta

Huoneistokohtaisessa järjestelmässä ilmavirtoja hallitaan asunnon omalla ilmanvaihtokoneella. Nykyaikaisissa ilmanvaihtokoneissa koneen puhaltimien kierroslukunopeutta voidaan säätää portaattomasti koneen omalla ohjauksella. Tästä syystä erillisiä ilmavirtojen säätöpeltejä tarvitaan kanaviin vain harvoin perussäätöä varten.

Esimerkiksi asuntoilmanvaihtoon tarkoitettuja Swegon CASA W -sarjan (12) ilmanvaihtokoneita säädetään kuvassa 8 näkyvällä Swegon Smart -ohjainpaneelilla.



Kuva 8. Swegon Smart -ohjainpaneeli (13).

2.5.2 Keskitetyn järjestelmän ilmavirtojen hallinta

Keskitetyssä ilmanvaihdossa ilmavirtojen hallinta tapahtuu usein runkokanavissa olevilla säätöpelleillä, joilla ilma jaetaan tasaisesti hormoneihin. Lisäksi asuinhuoneistoissa voi olla tarvittaessa erilliset säätöpellit. Säätöpeltejä on manuaalisesti ja automaattisesti toimivia.

2.6 Paloturvallisuus

Hajautetussa ilmanvaihtojärjestelmässä asuinhuoneiston kanavat eivät saa olla suoraan yhteydessä muiden asuntojen kanaviin. Asuntojen palo-osastointi on huoneistokohtainen SRMK E1:n määräysten mukaisesti (8 s. 14). Rakentamismääräyskokoelman osassa E7 (10) on määritelty ilmanvaihdon eristysvaatimukset, joilla tarvittava osastointi saavutetaan, jos ilmanvaihtokanavat ovat yhteydessä muihin osastoihin.

Keskitetyssä ilmanvaihdossa asuntojen kanavat voivat olla toisiinsa yhteydessä runkokanavien kautta. Rakentamismääräyskokoelman osat D2 ja E7 määrittelevät, kuinka huoneistokohtainen palo-osastointi saavutetaan ilmanvaihdon osalta näissä tapauksissa.

2.7 Eristykset

Eristyksissä noudatetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osia D2 ja E7 ja eristeiden valmistajien omia ohjeita niin, että ilmanvaihtojärjestelmän eristys on riittävä lämpötekniisesti ja palotekniisesti.

Hajautetussa järjestelmässä asunnon läpi kulkevat ulkoilmakanava ja jäteilmakanava, jotka ovat aina lämpöeristettyjä. Myös tuloilmakanavat voivat olla lämpöeristettyjä, jos ilmanvaihtokoneessa on jäähdytys.

Keskitetyssä järjestelmässä puolestaan asunnossa on usein eristämättömät tulo- ja poistoilmakanavat, ellei ilmanvaihdossa ole jäähdytystä. Vesikatolla tai ullakolla sijaitsevat runkkanavat ovat lämpö- ja paloeristettyjä suunnitelmien mukaisesti ja keskitetyn ilmanvaihtokoneen ulko- ja jäteilmakanavat aina vähintään lämpöeristettyjä.

3 Referenssikohteet

Referenssikohteiksi työhön valittiin kuusi kerrostaloa. Hajautetulla ilmanvaihtojärjestelmällä toteutettuja kohteita valittiin kolme ja keskitetyllä ilmanvaihtojärjestelmällä toteutettuja valittiin kolme.

Kohteet valittiin tarjouslaskentaan tulleista kohteista valintaperustein. Valintaperusteet olivat, että kohde sisältää työssä tarkasteltavia huoneistotyyppisiä ja että kohteessa ei ole ilmanvaihtotuotteita sisältäviä tehdasvalmiita märkätilaelementtejä. Muita rajoituksia kohteiden valintaan ei asetettu.

Kohteet numeroitiin ja nimettiin tunnuksia käyttäen, jossa

- HK tarkoittaa hajautettua koneellista ilmanvaihtojärjestelmää
- KK tarkoittaa keskitettyä koneellista ilmanvaihtojärjestelmää.

3.1 Referenssikohteet HK1

Referenssikohteet HK1 on nelikerroksinen ja kaksirappuinen kerrostalo, jossa on 40 asuntoa. Huoneistoja sijaitsee kaikissa kerroksissa. Kohteessa on seuraavanlaisia huoneistotyyppisiä:

- 1H+KT 38,5—39 neliometriä
- 2H+KT 45,5—48,5 neliometriä
- 3H+KT+S 62—63 neliometriä.

Ulkoilma huoneiston ilmanvaihtokoneelle on johdettu rakennuksen ulkoseinästä ja jäteilma on johdettu vesikatolle. Pystyhormit vesikatolle ovat tehdasvalmiita betonisia talotekniikkahormeja.

3.2 Referenssikohde HK2

Referenssikohde HK2 on 6-kerroksinen yksirappuinen kerrostalo, jossa on 23 asuntoa. Talon ensimmäisessä kerroksessa ei ole asuntoja. Kohteessa on seuraavanlaisia huoneistotyyppejä:

- 1H+KT 45,5 neliometriä
- 2H+KT 34,5—56,5 neliometriä
- 2H+KT+S 54,5 neliometriä
- 3H+KT+S 80,5 neliometriä
- 4H+KT+S 93,5 neliometriä.

Ulkoilma huoneiston ilmanvaihtokoneelle on johdettu huoneiston ulkoseinästä ja jäteilma on johdettu vesikatolle. Pystyhormit vesikatolle ovat tehdasvalmiita betonisia talotekniikkahormeja.

3.3 Referenssikohde HK3

Referenssikohde HK3 käsittää kaksi nelikerroksista kerrostaloa, joissa on yhteensä 41 asuntoa. Asuntoja on talon kaikissa kerroksissa. Erilaisia huoneistoja kohteessa on seuraavasti:

- 1H+KT 31 neliometriä
- 2H+KT 57,5 neliometriä
- 3H+KT+S 62 neliometriä.

Ulkoilma on johdettu huoneiston ilmanvaihtokoneelle rakennuksen ulkoseinästä ja jäteilma on johdettu vesikatolle. Pystyhormit vesikatolle ovat tehdasvalmiita betonisia talotekniikkahormeja.

3.4 Referenssikohde KK1

Referenssikohde KK1 on kolmiportainen asuinkerrostalo, jossa on kahdeksan kerrosta ja asuntoja on yhteensä 88. Asuinhuoneistoja on kerroksissa 1—7 ja ilmanvaihtokonehuone sijaitsee rakennuksen vesikatolla ylimmässä kerroksessa. Kohteessa on seuraavanlaisia huoneistoja:

- 1H+KT 28—38,5 neliometriä
- 2H+KT 43,5—45,5 neliometriä
- 3H+KT+S 66,5—68,5 neliometriä
- 4H+KT+S 82 neliometriä.

Asuntoja palvelee kaksi ilmanvaihtokonetta. Ulkoilma on johdettu keskitetylle ilmanvaihtokoneelle konehuoneen seinästä ja jäteilma on johdettu konehuoneen katolle. Kerrosten läpi kulkevat pystyhormit vesikatolle ovat tehdasvalmiita betonisia talotekniikkahormeja, ja ne on yhdistetty vesikaton eristekerroksessa kulkeviin runkokanaviin.

3.5 Referenssikohde KK2

Referenssikohde KK2 on seitsemänkerroksinen kerrostalo, jossa on kolme porrasta ja kohteessa on 77 huoneistoa. Asuntoja on kerroksissa 1—6, ja ilmanvaihtokonehuone sijaitsee vesikatolla. Kohteessa on seuraavia huoneistotyyppejä:

- 1H+KT 41,5 neliometriä
- 2H+KT+S 46,5—55,5 neliometriä
- 3H+KT+S 62—66,5 neliometriä
- 4H+KT+S 83—85 neliometriä.

Asuntoja palvelee yksi keskitetty ilmanvaihtokone. Ulkoilma ilmanvaihtokoneelle on johdettu konehuoneen ulkoseinästä ja jäteilma on johdettu ilmanvaihtokonehuoneen katolle. Runkokanavat ovat vesikaton eristekerroksessa, ja rakennuksen läpi kulkevat pystyhormit ovat vesikatolle asti tehdasvalmiita betonisia talotekniikkahormeja.

3.6 Referenssikohde KK3

Referenssikohde KK3 on 8-kerroksinen, ja siinä on kolme porrasta. Kohteessa on 54 asuntoa. Asuntoja on kerroksissa 2—6. Ilmanvaihtokonehuone sijaitsee kerrostalon kuudennessa kerroksessa. Talossa on seuraavia asuntotyyppejä:

- 1H+KT 40,5—47 neliometriä
- 1H+KT+S 47 neliometriä
- 2H+KT+S 46,5—58,5 neliometriä
- 3H+KT+S 69—81 neliometriä
- 4H+KT+S 102—120 neliometriä.

Asuntoja palvelee yksi keskitetty ilmanvaihtokone. Ulkoilma ilmanvaihtokoneelle on tuotu vesikaton kautta ja jäteilma on johdettu myös vesikatolle. Runkokanavat ovat ullakkokerroksessa, ja rakennuksen läpi kulkevat pystyhormit ovat ullakkokerrokseen asti tehdasvalmiita betonisia talotekniikkahormeja.

3.7 Vertailukohde keskitetyllä ilmanvaihtojärjestelmällä

Työkalun testaukseen valittu referenssikohde on 8-kerroksinen asuinkerrostalo, jossa on 68 huoneistoa ja tarvittavat yleistilat. Ilmanvaihto on toteutettu keskitetyllä ilmanvaihtojärjestelmällä ja ilmanvaihtokone sijaitsee vesikatolla erillisessä ilmanvaihtokonehuoneessa. Rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa on liiketiloja ja tarvittavat yleiset tilat. Asuntoja on 2.—8. kerroksissa seuraavasti

- 1H+KT 32 neliometriä
- 2H+KT 47,5—55,5 neliometriä
- 2H+KT+S 60 neliometriä
- 3H+KT 55,5—78 neliometriä.

Kaikkien asuntojen ilmanvaihto on toteutettu yhdellä ilmanvaihtokoneella. Pystyhormit ovat tehdasvalmiita betonisia talotekniikkahormeja. Vesikatolla hormit yhdistyvät kierresaumakanavilla tasakattoisen vesikaton eristekerroksessa kulkeviin ja ilmanvaihto-

konehuoneesta lähteviin runkokanaviin. Ulkoilma ilmanvaihtokoneelle on otettu ilmanvaihtokonehuoneen ulkoseinän kautta ja jäteilma on johdettu konehuoneen vesikatolle.

4 Ilmanvaihtotuotepaketin rakentaminen

Ennen ilmanvaihtotuotepakettien rakentamista tuli määrittää tavoiteltava tarkkuus määrälaskentaan rakennettaville asuntokohtaisille ilmanvaihtotuotepaketeille. Tavoiteltava tarkkuus tuotepaketeille arvioitiin suurimman sallitun kustannusvaikutuksen perusteella keskikokoisen kerrostalon ilmanvaihtourakassa.

Asuntokohtaisten tuotepakettien tavoitetarkkuudeksi sovittiin kustannusvaikutuksen perusteella maksimissaan 10 %:n ero asuntojen todellisiin tuotemääriin verrattuna. Ero sai muodostua tuotemääriä nostavasti tai laskevasti. Ilmanvaihtojärjestelmästä ja kohteen teknisistä ratkaisuista riippuen keskikokoisessa kerrostalossa tavoiteltava tarkkuus tarkoitti noin 3 % eroa kohteen ilmanvaihtotuotteiden kokonaiskustannuksissa määrälaskentapakettien avulla ja perinteisin menetelmin laskettujen välillä.

4.1 Määrälaskenta

Ilmanvaihtotuotepaketin rakentamisen ensimmäinen vaihe oli laskea referenssikohteiden ilmanvaihtotuotteiden määrät paperisista suunnitelmista. Määrälaskenta tehtiin perinteisin menetelmin. Apuna määrälaskennassa käytettiin suhdeviivainta, värejä ja liitteen 1 määrälaskentapohjaa, johon tasokuvista lasketut tuotemäärät oli helppo kirjata manuaalisesti määrälaskennan yhteydessä. Lasketut tuotemäärät merkittiin tasokuviin eri värein virheiden välttämiseksi.

Kustakin referenssikohteesta valittiin yksi tuotepaketin rakentamiseen tarvittava huoneistotyyppi. Työhön valittuja huoneistoja olivat yksiö, kaksio ja kolmio. Vain tarkasteltavaa asuinhuoneistoja palvelevat ilmanvaihtotuotteet laskettiin tuotemääriin ja asunnon määrälaskennan rajoina olivat huoneiston ulkoseinät ja ilmanvaihdon pystyhormit. Kaikkiaan laskettiin 18 huoneiston ilmanvaihtotuotteet ja tulokset syötettiin työhön rakennettuun Excel-työkaluun.

4.2 Yhtäläisyydet

Määrälaskennan ja tulosten syötön jälkeen tuli rajata laskentapaketteihin valittavat ilmanvaihtotuotteet. Rajaus tehtiin syötetyistä referenssikohteiden tuotemääristä vertai-

lemalla ja tutkimalla myös erilaisia työn referenssikohteissa esiintymättömiä teknisiä ratkaisuja. Näiden kautta saatiin selkeät tuoteryhmät, jotka valittiin ilmanvaihtotuotepaketteihin.

4.2.1 Laskentapaketteihin valitut ilmanvaihtotuotteet

Laskentapaketteihin valittiin ilmanvaihtotuotteita, jotka toistuivat säännöllisesti referenssikohteiden huoneistoissa ja olivat lisäksi valmistajasta riippumattomia, sekä ominaisuuksiltaan identtisiä. Tuotevertailuun käytettiin kolmen eri valmistajan ilmanvaihtotuotteita. Valmistajia olivat ETS Nord (14), Fläkt Woods (15) ja Lindab (16).

Ilmanvaihtotuotteiden laskentapakettiin valittiin vertailun pohjalta seuraavat tuotteet:

- pyöreät kierresaumakanavat
- käyrät
- muuntoyhteet
- sivuyhteet
- tulpat.

Valituista tuotteista tarkastettiin muun muassa, että kaikkien valmistajien kierresaumakanavat olivat M1-puhtausluokiteltuja (17) ja niiden tiiveysominaisuudet sekä muut luokitukset olivat vastaavia. Käyrien ja muiden valittujen ilmanvaihtotuotteiden osalta valmistajien välinen vertailua oli nopeaa, sillä tuotteet olivat ominaisuuksiltaan identtisiä.

4.2.2 Laskentapaketeista karsitut ilmanvaihtotuotteet

Laskentapaketeista karsittujen tuotteiden rajaaminen vaati laajempaa tarkastelua. Laskentapaketteihin ei valittu ilmanvaihtotuotteita tai varusteita, joiden toistuvuus oli epä-säännöllistä ilmanvaihtosuunnitelmissa ja joiden ominaisuudet olivat valmistajasta riippuvaisia.

Ulkopuolelle ilmanvaihtotuotteiden laskentapaketeista jäivät

- puhdistusluukut

- äänenvaimentimet
- säätöpellit
- palopellit
- venttiilit.

Tuotepakettien ulkopuolelle jääviin tuoteryhmiin oli kaikilta vertailun valmistajilta pääsääntöisesti teknisiltä ominaisuuksiltaan lähes vastaavia tuotteita. Esimerkiksi yleisesti käytetyn katto- ja seinäasennukseen soveltuvan pyöreän poistoilmaventtiilin ominaisuudet ovat kaikilla valmistajilla lähellä toisiaan. Kuvan 9 DSE-poistoilmaventtiili on myös ulkoisesti lähes vastaava kuvan 10 KSO-poistoilmaventtiilin ja kuvan 11 KSU-poistoilmaventtiilin kanssa.



Kuva 9. ETS Nord, DSE-poistoilmaventtiili (18).



Kuva 10. Fläkt Woods, KSO-poistoilmaventtiili (19).



Kuva 11. Lindab, KSU-poistoilmaventtiili (20).

Kerrostaloasuntojen ilmanvaihtosuunnitelmissa käytetään pääsääntöisesti teknisiltä ominaisuuksiltaan vakiintuneita tuotteita johtuen kerrostalojen rakennusmenetelmistä. Rakennuskohteisiin vaikuttavat määräykset ja kohteiden eri varustelutasot luovat ilmanvaihtosuunnitelmiin kuitenkin eroavaisuuksia. Laskentapakettiin valittujen ilmanvaihtotuotteiden täytyi olla riippumattomia teknisistä ratkaisuista ja kohteiden varustelutasosta. Laskentapakettista ulkopuolelle jätettyjen ilmanvaihtotuotteiden suurin karsija olikin tuoteryhmien ja tuotemallien toistuvuus referenssikohteiden ilmanvaihtojärjestelmissä.

Liitteiden 2, 3 ja 4 sivuilla 1 on huoneistokohtaisten referenssikohteiden massalistoista nähtävillä eroavaisuudet ulkopuolelle jätettyjen tuotteiden lukumäärien osalta. Esimerkiksi referenssikohteessa HK2 ei kolmiota lukuun ottamatta ole puhdistusluukkuja, kun taas kohteissa HK1 ja HK3 puhdistusluukkuja on kaikissa huoneistotyypeissä vaihtelevin lukumäärin.

HK2 eroaa myös äänenvaimennuksen osalta, sillä siinä on kolme kappaletta äänenvaimentimia, kun muissa huoneistokohtaisissa kohteissa niitä on vain kaksi. Eroavaisuus johtuu siitä, että kohteessa HK2 myös asuinhuoneistojen ulkoilmakanavaan oli sijoitettuna äänenvaimennin.

Hajautetun järjestelmän referenssikohteissa ei ollut säätöpeltejä ja palopeltejä. Venttiileiden valmistajissa oli eroavaisuuksia kohteiden välillä, mutta referenssikohteissa kaikki mallit olivat teknisesti vastaavia yleisesti käytettyjä perusmalleja pois lukien saunojen tulo- ja poistoventtiilit.

Tulo- ja poistoilmaventtiileiden lukumäärissä oli puolestaan eroavaisuuksia. Tähän olivat syynä referenssikohteiden huoneistojen pohjaratkaisut. Esimerkiksi joissakin huoneistossa oli erillinen vaatehuone, ja sinne oli sijoitettu poistoilmaventtiili SRMK D2:n mukaisesti (3, s. 25). Myös suunnitelmien tekniset ratkaisut voivat vaikuttaa venttiilien lukumäärään. Liitteen 2 referenssikohteiden HK1—HK3 yksiöissä asunnon tuloilma oli toteutettu kahdella tuloilmaventtiilillä. Vaikka tulos oli referenssikohteissa johdonmukainen, on yksiön tuloilma mahdollista toteuttaa myös yhdellä venttiilillä. Puolestaan keittiön yleispoisto on mahdollista toteuttaa erillisellä poistoventtiilillä tai liesikuvun kautta riippuen onko asuinhuoneiston liesikupu kokonaan sulkeutuvaa mallia (3, s. 25). Kaikissa hajautetun järjestelmän referenssikohteissa keittiön yleispoisto oli kuitenkin toteutettu liesikuvun kautta.

Liitteiden 5—7 ensimmäisellä sivulla on esitetty keskitetyn ilmanvaihdon referenssikohteiden KK1, KK2 ja KK3 tuotemäärät. Puhdistusluukkujen lukumäärä oli keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän huoneistoissa johdonmukainen, mutta puhdistusluukut karsittiin kuitenkin tuotepaketeista pois, jotta työn määrävertailuun saatiin samat tuotteet hajautetun ja keskitetyn järjestelmän välille. Puhdistusluukkujen mahdollinen lisääminen keskitetyn järjestelmän tuotepaketteihin huomioitiin jatkokehitysmahdollisuuksiin.

Äänenvaimentimien lukumäärä keskitetyssä ilmanvaihdossa määräytyy asuinhuoneistoon tuotujen erillisten kanavahaarojen mukaan, sillä jokaisessa ilmanvaihtokoneelta tulevassa erillisessä haarassa on lähes poikkeuksetta oltava oma äänenvaimennin. Äänenvaimentimien lukumäärät olivat referenssikohteissa jokseenkin yhdenmukaisia, mutta liitteessä 7 referenssikohteen KK3 äänenvaimentimien lukumäärä kolmiossa oli jopa 6, kun äänenvaimentimia oli kohteessa KK1 3 kappaletta ja puolestaan kohteessa KK2 4 kappaletta. Myös äänenvaimentimien tuotemalleissa oli eroja. Näistä syistä äänenvaimentimet jätettiin myös keskitetyssä järjestelmässä tuotepakettien ulkopuolelle.

Säätöpeltien lukumäärissä oli merkittäviä eroavaisuuksia, sillä referenssikohteen KK1 huoneistotyypeissä ei esimerkiksi ollut huoneistokohtaisia säätöpeltejä lainkaan. Ilmavirtojen hallinta oli toteutettu runkokanavien säätöpelleillä. Tämä oli riittävä syy karsimaan säätöpellit tuotepakettien ulkopuolelle.

Ennen tuotevertailua oli jo kokemuksen pohjalta selvää, että palopeltien lukumäärät ja mallit eivät tule toteutumaan suunnitelmissa säännöllisesti. Palopeltejä olikin vain liit-

teessä 7 esitettyjen referenssikohteiden KK1 ja KK3 kolmioissa. Palopellit rajattiin ulos tuotepaketeista.

Tulo- ja poistoilmaventtiilit jätettiin keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän tuotepakettien ulkopuolelle samasta syystä kuin hajautetun järjestelmän tuotepaketeista. Huoneistojen pohjaratkaisut ja suunnitelmien tekniset ratkaisut vaikuttivat venttiilien lukumääriin ja malleihin.

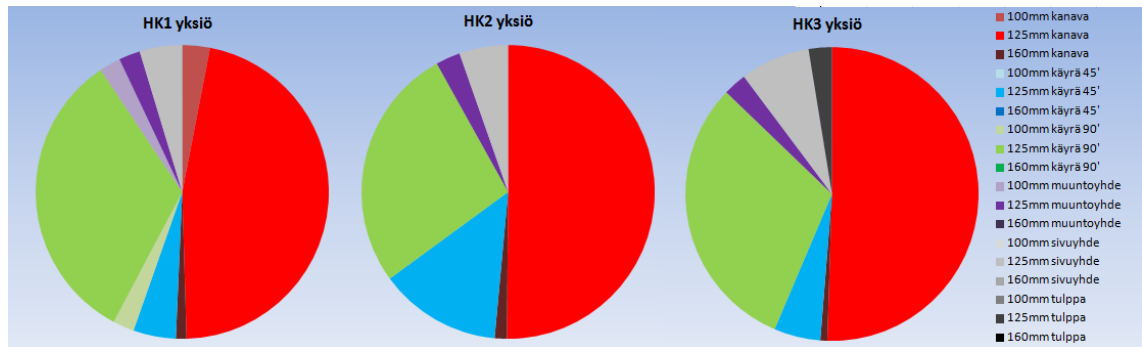
4.3 Laskentapakettien muodostaminen ja tuotemäärien vertailu

Referenssikohteista lasketut tuotemäärät ja valitut ilmanvaihtotuotteet olivat määrälaskentaan käytettävien asuntokohtaisten ilmanvaihtotuotepakettien perustana. Jokaiselle huoneistotyyppille luotiin oma tuotepaketti hajautettuun ja keskitettyyn ilmanvaihtojärjestelmään. Tuotepakettien tarkkuutta verrattiin referenssikohteiden perinteisin menetelmin laskettuihin tuotemääriin matemaattisin menetelmin ja kaavioiden avulla. Referenssikohteiden määrälaskennan tuloksien perusteella tehtiin myös vertailu tuotepaketteihin valittujen tuotteiden ja karsittujen tuotteiden suhteellisista osuuksista.

4.3.1 Referenssikohteiden ilmanvaihtotuotteet

Ilmanvaihtotuotepaketteihin valittujen tuotteiden suhteellisia osuuksia toisiinsa nähden tarkasteltiin huoneistotyypeittäin kaavioiden avulla. Tarkoituksena oli havainnollistaa tuotteiden toistuvuutta huoneistojen eri ilmanvaihtojärjestelmissä. Tuotemäärät muutettiin yksiköiksi tarkastelua varten. Kanavien osalta yksiköiksi muutettiin metrit ja kana-vaosien osalta kappalemäärät.

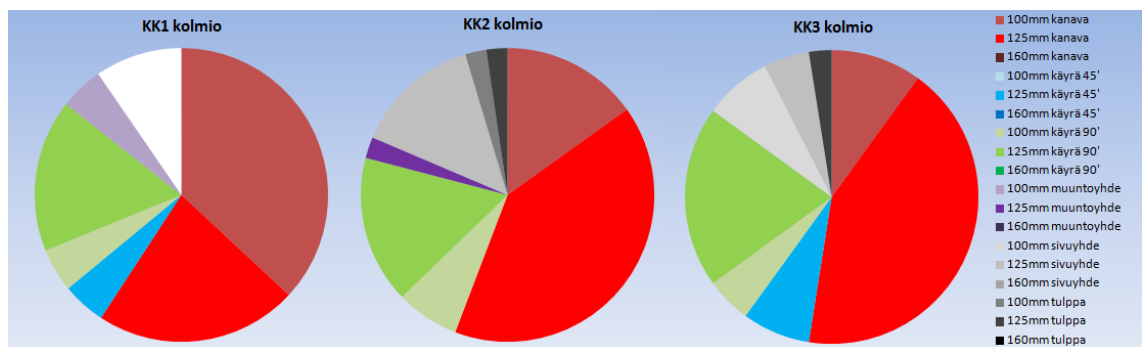
Kuviossa 1 on esitetty referenssikohteiden hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän yksiöt tuotepakettiin valittujen ilmanvaihtotuotteiden osalta. Kuvioista 1 on nähtävillä yleisimmät tuotteet, niiden toistuvuus ja suhteelliset osuudet referenssikohteiden välillä. Yhteen laskettuna eri kanavakokojen osuus on lähes tarkalleen puolet huoneistojen laskentapakettiin valituista tuotteista, ja yksittäiset suurimmat osuudet ovat kirkkaan punaisella esitetyillä 125 mm:n kanavilla. Muita merkittäviä osuuksia ovat vihreällä ja turkoosilla esitetyt 125 mm:n käyrät. Muiden tuotteiden osuudet ovat pienempiä, ja niissä on enemmän hajontaa, mutta ne muodostavat kokonaisuutena tasaisen osuuden kanavajärjestelmästä.



Kuvio 1. Yksioiden laskentapakettien suhteelliset tuotemäärät hajautetussa järjestelmässä

Liitteiden 2—7 sivulla 3 on esitetty vastaavat kuviot kaikkien huoneistotyyppien osalta. Kuvion 1 mukaiset suhteelliset osuudet toteutuvat pääsääntöisesti hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän osalta myös kaksioissa ja kolmioissa.

Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän jakaumat suhteellisissa tuoteosuuksissa erosivat hieman hajautetusta ilmanvaihtojärjestelmästä. Yksittäisten tuotteiden välillä oli enemmän hajontaa. Kuviosta 2 on nähtävillä referenssikohteiden väliset eroavaisuudet keskitetyn järjestelmän kolmioissa. Kohteessa KK1 on punaruskealla esitetyn 100 mm:n kanavien suhteellinen osuus muita korkeampi. Kohteessa KK2 ei puolestaan ole sinisellä esitettyjä 125 mm:n 45 asteen käyriä lainkaan.



Kuvio 2. Keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä, kolmiot.

Kokonaisuuksia tarkastellessa osuudet ovat kuitenkin johdonmukaisia. Punaisilla sävyillä esitetyt erikokoiset ilmanvaihtokanavat muodostavat yhteen laskettuna lähes vastaavat osuudet kohteiden välillä. Myös sinisellä ja vihreällä esitettyjen käyrien kokonaisuus ja muuntoyhdeistä, sivuyhteistä ja tulpista koottu kokonaisuus muodostavat tasaiset osuudet.

4.3.2 Määrävertailu

Laskentapaketteihin valittujen ilmanvaihtotuotteiden suhteellisten osuuksien vertailun perusteella tuotteet yhdistettiin kokonaisuuksiksi määrävertailua varten. Yksittäisten tuotteiden kappalemäärien vertailu matemaattisesti ei ollut järkevää, sillä lukumäärät olivat joissakin ilmanvaihtotuotteissa pieniä ja tästä johtuen prosentuaaliset erot saattoivat olla suuria. Tuotteet jaettiin tästä syystä kolmeen suurempaan tuoteryhmään matemaattisen määrävertailun helpottamiseksi. Erikokoiset kanavat yhdistettiin yhdeksi tuoteryhmäksi, käyrät toiseksi tuoteryhmäksi ja kolmannen tuoteryhmän muodostivat muuntoyhteet, sivuyhteet ja tulpat. Määrävertailun tarkoituksena oli tarkastella ilmanvaihtotuotepakettien tarkkuutta referenssikohteisiin nähden ennen niiden testausta vertailukohteen määrälaskentaan.

Taulukko 1. Kolmioiden määrävertailu hajautetussa ilmanvaihtojärjestelmässä.

Hajautetun järjestelmän kolmio Määrävertailu

	HK1 kolmio	HK2 kolmio	HK3 kolmio	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
Kanavat yhteensä (m)	33,8	32,9	27,6	31,4	3,8	2,4	13,9	7,0
Käyrät yhteensä (kpl)	29,0	27,0	25,0	27,0	2,0	2,0	8,0	6,9
Osat yhteensä (kpl)	9,0	8,0	8,0	8,3	0,3	0,7	4,2	7,4
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	71,8	67,9	60,6	66,8	6,2	5,0	10,2	7,0

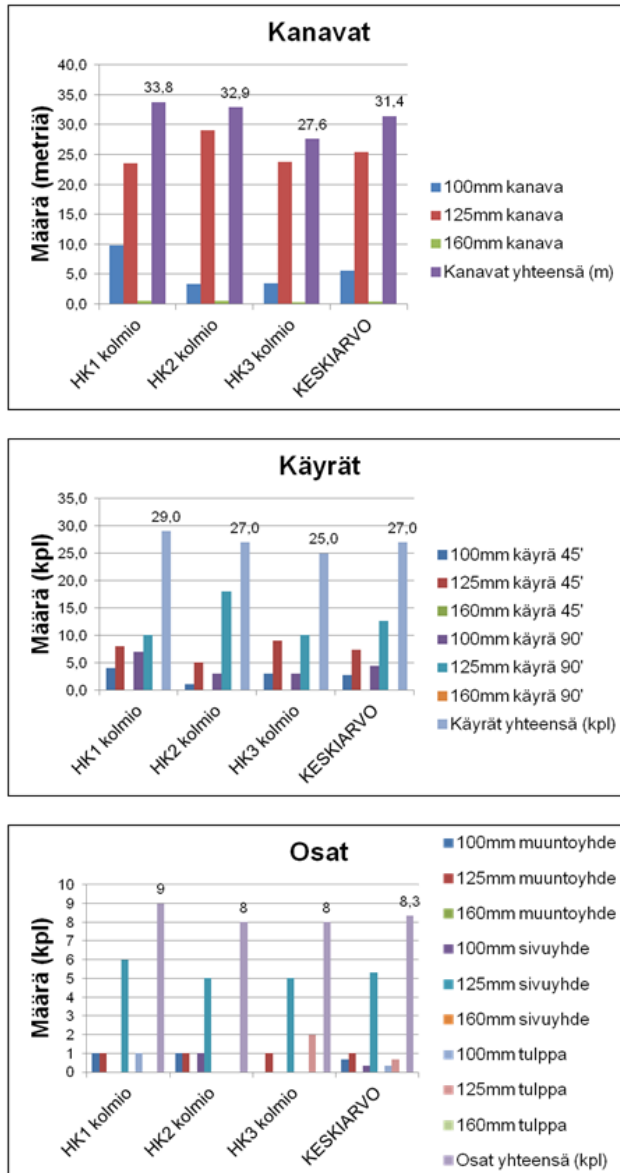
Taulukossa 1 määrävertailun kohteena ovat hajautetun järjestelmän kolmiot. Taulukossa on esitetty vihreällä referenssikohteiden tuotemäärät yksittäisistä osista yhteen laskettuina tuoteryhminä. Tuoteryhmät pitävät sisällään kaikki aiemmin esitetyt yksittäiset kanavatuotteet. Keltaisella esitetyn määrälaskentaan käytettävän ilmanvaihtotuotepaketin sisältö koostuu referenssikohteiden yksittäisten tuotteiden keskiarvoisista lukumääristä. Taulukossa 1 käsiteltyjen hajautetun järjestelmän kolmioiden tuotteiden lukumäärät on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 4 sivulla 1.

Tuoteryhmittäin tehdyn vertailun lisäksi ilmanvaihtotuotteiden lukumääriä tarkasteltiin myös kokonaisuuksina. Tarkastelu tehtiin, koska urakkalaskennassa käytettävä hinnoittelu asennustyölle perustuu LVI-työalan työehtosopimukseen ja siellä määriteltyihin yksikkökohtaisiin normituntihintoihin (21, s. 139). Tuoteryhmien prosentuaalisia eroja tärkeämpää oli, että keskiarvoisiin tuotteiden lukumääriin perustuvan ilmanvaihtotuotepaketin kokonaistuotemäärät suhteessa referenssikohteiden kokonaistuotemääriin ei ylittänyt tavoiteltua maksimissaan 10 %:n eroa.

Tuoteryhmät yhdistettiin, jossa metrit ja kappalemäärät muutettiin yksiköiksi. Tämän avulla saatiin selville, jos tuoteryhmien yhdistäminen kompensoi ja tasoitti tuoteryhmittäin laskettuja prosentuaalisia eroja. Esimerkiksi taulukon 1 määrävertailusta nähdään, että kanavien ja käyrien muodostamat tuoteryhmät sisältävät noin kolme kertaa enemmän tuotteita kuin osien muodostamat tuoteryhmät. Kokonaisuuksien vertailussa hallitsevat tuoteryhmät, usein ilmanvaihtokanavien tuoteryhmät, määrittävätkin suurelta osin myös tuotepaketin kokonaistarkkuuden.

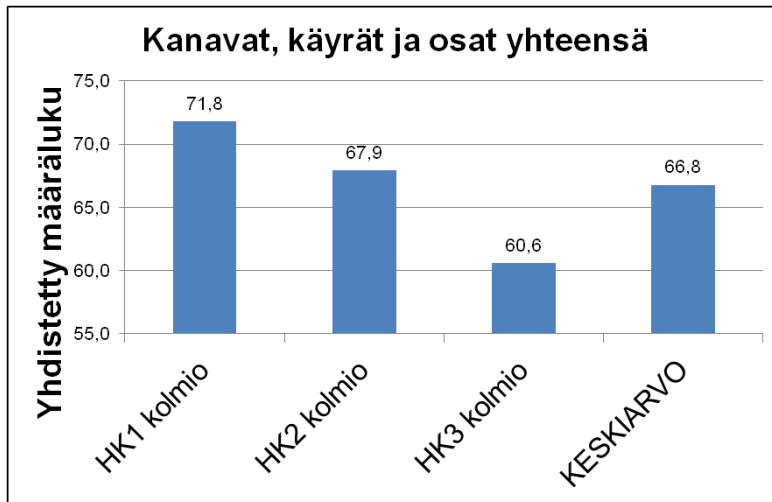
Taulukossa 1 kanavista koostuvan tuoteryhmän keskiarvon ero pienimpään referenssi-kohteen lukumäärään on 13,9 %, joka ylittää tavoitellun 10 %:n eron. Muissa tuoteryhmissä tarkkuudet ovat parempia kuin 10 %, mutta tuotteiden pienemmät lukumäärät verrattuna kanavien määriin eivät kuitenkaan kompensoi riittävästi. Vaikka kokonaisuutta tarkastellessa tarkkuus on parempi, jää hajautetun järjestelmän kolmiossa keskiarvon ero pienimpään referenssi-kohteen arvoon 0,2 % tavoiteltua heikommaksi eron ollessa 10,2 %. Huoneistotyyppien määrävertailut on esitetty kokonaisuudessaan liitteiden 2—7 sivuilla 2.

Kuvan 12 kaavioissa on esitetty hajautetun järjestelmän kolmioiden kanavatuotteet pylväsdiagrammeina tuoteryhmittäin. Tuoteryhmien kaavioissa on esitetty yksittäiset tuotteet ja erillisinä pylväinä niiden määrävertailussa käytetyt yhteenlasketut tuotteiden lukumäärät.



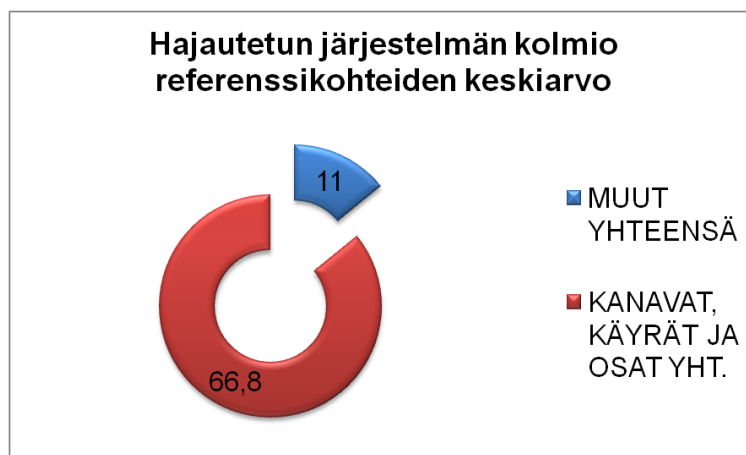
Kuva 12. Tuoteryhmien kaaviot hajautetun järjestelmän kolmiossa.

Ilmanvaihtotuotteiden kokonaismäärien tarkastelussa kuvassa 13 on esitetty taulukon 1 ja kuvan 12 yhdistetyt tuoteryhmät. HK3:n kolmiossa ilmanvaihtotuotteiden kokonaismäärien määrä on pienin ja HK1:n kolmiossa suurin. Referenssikohteen HK2 ja keskiarvoilla määritetyn tuotepaketin kokonaistuotemäärät ovat lähellä toisiaan.



Kuva 13. Kolmioiden ilmanvaihtotuotteiden kokonaismäärät hajautetussa järjestelmässä

Asuntokohtaisiin ilmanvaihtotuotepaketteihin valittujen tuotteiden osuutta verrattiin tuotepaketista karsittuihin tuotteisiin. Kuvassa 14 on esitetty kaikki hajautetun järjestelmän kolmioiden keskimääräiset ilmanvaihtotuotteiden lukumäärät. Tuotepakettiin valitut tuotteet muodostavat 86 % asuinhuoneiston ilmanvaihtotuotteista ja tuotepaketista karsitut tuotteet 14 %. Liitteiden 2—7 sivuilla 4 käsitellään myös muiden huoneistotyyppien ja järjestelmien tuotepaketit, ja näissä tulokset olivat samansuuntaisia. Keskitetyn järjestelmän tuotepakettien osuudet huoneistojen ilmanvaihtotuotteista olivat hieman pienempiä verrattuna hajautetun järjestelmän tuotepaketteihin.



Kuva 14. Tuotepakettiin valittujen tuotteiden osuus karsituista tuotteista

5 Ilmanvaihtotuotepakettien testaus ja tulokset

Referenssikohteiden pohjalta luotuja tuotepaketteja testattiin työn luvussa 3.3 esiteltyyn tarjouslaskentaan tulleeseen vertailukohteeseen. Vertailukohde oli toteutettu keskitetyllä ilmanvaihtojärjestelmällä. Kohteessa ei ollut lainkaan huoneistokohtaisilla ilmanvaihtokoneilla toteutettuja asuntoja, joten testauksessa ei päästy käyttämään hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän tuotepaketteja. Testin tulokset on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 8.

Vertailukohteessa oli 68 asuntoa. Pienimmät asunnot olivat yksiöitä ja suurimmat asunnot kolmioita. Näin ollen vertailukohteen kaikkiin asuntoihin oli käytettävissä työssä luodut keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän kanavapaketit. Vertailukohteen huoneistotyyppien lukumäärät jakaantuivat taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Vertailukohteen asuinhuoneistot

Kohteen nimi: _____ Vertailukohde _____

Huoneistotyyppi	HK Yksiö	HK Kaksio	HK Kolmio	KK Yksiö	KK Kaksio	KK Kolmio
Asuntojen lukumäärä	0	0	0	5	33	30

5.1 Vertailukohteen määrälaskenta ja tuotemäärien vertailu

Vertailukohteen asunnoista laskettiin todelliset ilmanvaihtotuotteiden määrät perinteisin menetelmin käsin laskemalla paperisista suunnitelmista. Määrälaskennan tuotteista syötettiin ilmanvaihtotuotepaketteihin valitut tuotteet taulukkoon 3. Ilmanvaihtotuotepaketeilla määritetyt tuotemäärät saatiin syöttämällä taulukon 2 mukaiset huoneistotyytit Excel-työkaluun.

Taulukko 3. Vertailukohteen määrävertailu

KANAVAT JA OSAT				
	TODELLINEN	PAKETTI	ERO (Kpl)	ERO %
100mm kanava	227	493	266	117,2
125mm kanava	990	869	-121	-12,2
160mm kanava				
kanavat yhteensä	1217	1362	145	11,9
100mm käyrä 45'	14	69	55	392,9
125mm käyrä 45'	253	128	-125	-49,4
160mm käyrä 45'				
100mm käyrä 90'	114	226	112	98,2
125mm käyrä 90'	390	421	31	7,9
160mm käyrä 90'				
käyrät yhteensä	771	844	73	9,5
100mm muuntoyhde	34	55	21	61,8
125mm muuntoyhde		23	23	
160mm muuntoyhde				
100mm sivuyhde	75	106	31	41,3
125mm sivuyhde	253	200	-53	-20,9
160mm sivuyhde				
100mm tulppa	34	22	-12	-35,3
125mm tulppa	89	55	-34	-38,2
160mm tulppa				
osat yhteensä	485	461	-24	-4,9

Vertailukohteen määrävertailussa käsiteltiin erot todellisten ja tuotepakettien avulla määritettyjen ilmanvaihtotuotteiden välillä. Ilmanvaihtotuotteita vertailtiin yksittäisinä tuotteina ja tuoteryhminä. Lisäksi tehtiin taulukon 4 mukainen vertailu tuotteiden kokonaismääristä. Taulukoissa 3 ja 4 esitetyt kappalemäärien erot ja prosentuaaliset erot ovat tuotepakettien pohjalta määritettyjen lukumäärien suhde todellisiin lukumääriin.

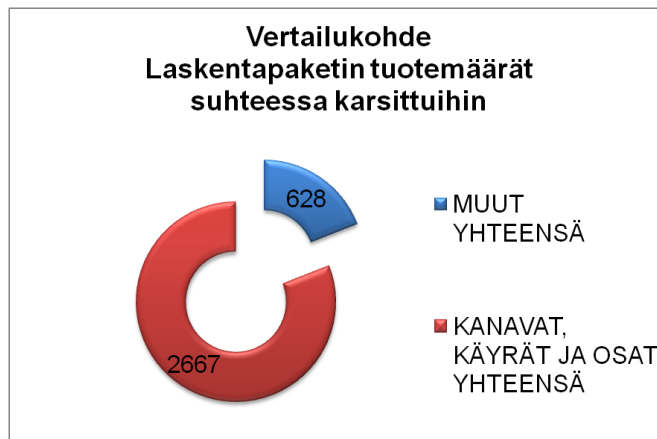
Taulukko 4. Tuotepaketeilla määritetyt ilmanvaihtotuotteiden kokonaismäärät.

KOKONAISKAPPALEMÄÄRÄT				
	TODELLINEN	PAKETTI	ERO (Kpl)	ERO %
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHTEENSÄ	2473	2667	194	7,8

Taulukossa 3 yksittäisten tuotteiden erot tuotepakettien ja todellisten lukumäärien välillä ovat laajalta osin suuria. Tuoteryhmittäin tarkastellessa erot ovat kuitenkin lähempänä tavoiteltua 10 %:n eroa. Ainoastaan kanavien tuoteryhmässä tavoiteltu tarkkuus ei täyty eron ollessa 11,9 %. Taulukon 3 ilmanvaihtotuotepaketeilla määritetyt vertailukohteen tuotemäärät ovat suurempia kanavien ja käyrien tuoteryhmien osalta ja pienempiä osista koostuvan tuoteryhmän osalta.

Taulukon 4 vertailusta nähdään, että tuotepakettien avulla määritetyt kokonaismäärät ovat 7,8 % suuremmat kuin perinteisin menetelmin lasketut todelliset tuotemäärät. Vertailukohteen määrälaskennassa alitettiin tavoiteltu maksimissaan 10 %:n ero perinteisin menetelmin määritettyjen todellisten tuotemäärien ja ilmanvaihtotuotepaketeilla määritettyjen tuotemäärien välillä. 7,8 %:n ero asuntojen ilmanvaihtotuotepaketeilla määritetyissä tuotemäärissä tarkoitti noin 1 %:n eroa vertailukohteen ilmanvaihtotuotteiden kokonaiskustannuksissa.

Vertailukohteen 68 asuinhuoneiston ilmanvaihtotuotteista saatiin määritettyjä asuntokohtaisilla ilmanvaihtotuotepaketeilla 81 %. Kuvassa 15 on esitetty valittujen ja karsittujen ilmanvaihtotuotteiden lukumäärät ja niiden osuudet.



Kuva 15. Ilmanvaihtotuotepaketeilla määritettyjen tuotteiden osuus karsituista tuotteista.

5.2 Ilmanvaihtotuotepakettien käyttö ja kehitysmahdollisuudet

Asunkohtaisten ilmanvaihtotuotepakettien testauksessa päästiin asetettuihin tavoitteisiin. Vertailukohteita testaukseen oli työssä käytettävissä kuitenkin vain yksi, joten tuotepakettien luotettavuudesta ei saatu täydellistä kuvaa. Tulokset olivat kuitenkin lupaavia suhteellisen pieniin lähtötietoihin suhteutettuna. Todelliset hyödyt tulevat kuitenkin esille vasta, kun menetelmiä päästään käyttämään useisiin tarjouslaskennan kerrostalokohteisiin. Referenssikohteiden lukumäärää kasvattamalla saadaan parannettua keskiarvoihin perustuvien tuotemäärien tarkkuutta.

Ilmanvaihtotuotepakettien hyödyllisyyttä ajansäästöön oli myös mahdotonta tutkia kohteiden erilaisuuksien ja vaihtelevien olosuhteiden takia. Ajansäästön toteamisen hanka-

luuksiin olisi lukeutunut esimerkiksi työntekijän vireystila kyseisenä työpäivänä sekä muut määrälaskentaa häiritsevät työtehtävät. Menetelmien tehokkuus oli vastaavasti havaittavissa kokemuspohjaisesti ja tehdyn vertailun kautta. Ilmanvaihtotuotepaketeilla saatiin määritettyä suurin osa asuinhuoneistojen tuotemääristä, ja tehtäväksi jäi vain huoneistotyyppien lukumäärien tarkastaminen sekä tuotepaketista karsittujen tuotteiden määrittäminen perinteisin menetelmin.

Kehitettyjen ilmanvaihtotuotepakettien toiminnassa ei havaittu merkittäviä puutteita. Jatkokehitystä ajatellen haasteiksi muodostuvat myös tässä työssä karsittujen muiden tuotteiden sisällyttäminen tuotepaketteihin. Nämä kuitenkin luovat uusia sääntöjä pakettien käyttöön liittyen, sillä ainoastaan keskiarvoihin perustuvat tuotemäärät eivät toteudu tiettyjen ilmanvaihtotuotteiden osalta. Uudet säännöt ja rajoitukset asuntokoh- taisten ilmanvaihtotuotepakettien käytössä tekevät menetelmästä monimutkaisemman ja näin ollen epävarmemman. Sillä voi olla jopa negatiivista vaikutusta sen tehokkuu- teen määrälaskennassa huolimatta siitä, että suurempi osuus ilmanvaihtotuotteista olisi tuotepaketeissa mukana.

Työssä luotua keskiarvoihin perustuvaa Excel-työkalua on mahdollista soveltaa muu- toksilla myös muihin talotekniikan järjestelmiin, esimerkiksi vesi- ja viemärituotteisiin, lämmitysjärjestelmiin tai sähköjärjestelmiin. Jatkokehittelyllä ja tietyin rajaehdoin on mahdollista määrittää koko talotekniset tuotemäärät kerrostalojen asuinhuoneistoissa. Jatkokehittelyssä muiden taloteknisten järjestelmien tarkastelu ja vertailu on tehtävä laajasti, sillä muut järjestelmät eroavat merkittävästi ilmanvaihdosta ja niihin vaikuttavat eri lainsäädäntö ja rakennusmenetelmät.

6 Yhteenveto

Työssä tutkittiin menetelmiä tarjousvaiheen määrälaskennan tehokkuuden lisäämiseen uudiskerrostalon ilmanvaihtourakassa. Tavoitteena oli löytää luotettava ja yksinkertainen järjestelmä, joka tukisi insinööriyön tilaajan nykyisin käytössä olevia menetelmiä, joita käytetään ilmanvaihtourakan tarjouslaskentaan. Työn perusteissa esitellään kerrostalon yleisimpiä nykyaikaisia ilmanvaihtojärjestelmiä ja ilmanvaihtotuotteita sekä niiden välisiä eroja, jotka ovat lähtökohtana menetelmien kehittämisessä.

Työn alkuvaiheessa valittiin referenssikohteet. Kohteiden ilmanvaihtosuunnitelmia ja käsiteltyjä ilmanvaihtojärjestelmiä vertailemalla päädyttiin laskemaan ilmanvaihtotuotteiden tuotemäärät referenssikohteiden yleisimmistä huoneistotyypeistä. Tarkoituksena oli kehittää asuntokohtaisia keskiarvoihin perustuvia ilmanvaihtotuotepaketteja referenssikohteiden pohjalta. Tulokset syötettiin Excel-työkaluun, jonka suunnittelussa oli huomioitava jo alkuvaiheessa sen tarvittavat ominaisuudet. Työn aikana tehdyt muutokset työkalun ominaisuuksiin oli korjattava yksitellen, ja tämä lisäsi työn haasteita.

Työssä kehitettyjä asuntokohtaisia ilmanvaihtotuotepaketteja testattiin yhteen vertailukohteeseen, jonka avulla saatiin tietoa niiden toimivuudesta käytännössä. Testin tulokset olivat lupaavia vähäisistä referenssikohteista huolimatta. Asetetut tavoitteet saavutettiin kuitenkin suurelta osin jo näiden avulla. Nämä loivat siten myös hyvät lähtökohdat menetelmien jatkokehitysmahdollisuuksia ajatellen.

Työ vaati ennalta laajaa tietämystä ilmanvaihtojärjestelmien teknisistä ratkaisuista sekä työn taustalla olevien tarjouslaskentamenetelmien hallitsemista. Työssä ei ollut mahdollista esittää konkreettisia hintoja, eikä myöskään tehdä laajaa vertailua, sillä työn sisältö olisi kasvanut suureksi. Tämä asetti haasteita kaikkien työssä tehtyjen valintojen selventämiseen lukijalle. Kokonaisuudessaan työn tekeminen täydensi tietämystäni kerrostalojen ilmanvaihdosta ja koen hyötyneni projektin kaikista työvaiheista. Projekti oli haastava, ja työmäärä kohtuullisen suuri. Sähköisten järjestelmien ja suunnitelmien yleistyessä on mielenkiintoista nähdä, miten kauan rakennussuunnitelmia käsitellään vielä paperisina versioina tarjouslaskennassa ja kuinka työssä kehitetyt menetelmät toimivat jatkossa kilpaileviin laskentaohjelmiin nähden.

Lähteet

- 1 Tatec Oy referenssit. 2016. Verkkodokumentti. Tatec Oy. <<http://www.tatec.fi/referenssit/>>. Luettu 5.2.2017.
- 2 Tatec Oy logo. 2016. Verkkodokumentti. Tatec Oy. <<http://www.tatec.fi/>>. Luettu 5.2.2017.
- 3 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 4 Hanakulma. Verkkodokumentti. Onninen products. <http://onninen.procus.fi/documents/tn800/13427/4/0/AAF932_632_hanakulma.jpg>. Luettu 7.2.2017.
- 5 Vieser lattiakaivo. 2016. Verkkodokumentti. Vieser lattiakaivojärjestelmä. <<http://www.vieser.fi/wp-content/uploads/2016/11/new.jpg>>. Luettu 8.2.2017.
- 6 IV-koneen kondessivesipoiston vesilukko ja poistoputki viemäriin. Verkkodokumentti. LVI-asennus J.Järvinen. <http://www.putkimiesoulu.com/upl/website/kuvia-tyokohteista/ivkoneenkondessivesipoistonvesilukkojapoistoputkiviemriin0_srcset-large.jpg>. Luettu 7.2.2017.
- 7 Ilmastointiputket ja –osat. Verkkodokumentti. Meltex. <<http://www.meltex.fi/media/kuvat/tuotekuvat/cache/ilmastointiputket-ja-osat-960x800.jpg>>. Luettu 25.2.2017.
- 8 Rakennusten paloturvallisuus. 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 9 Rudus tuotteet. Verkkodokumentti. Rudus. <<http://www.rudus.fi/tuotteet/elpo-hornit>>. Luettu 1.3.2017.
- 10 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. 2004. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa E7. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 11 Swegon Casa W3 smart myyntiesite. 2016. Verkkodokumentti. Swegon Oy. <http://www.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/Air%20handling%20units/Swegon%20CASA%20W-series/_fi/W3_a_FI-p_web.pdf>. Päivitetty 19.1.2016. Luettu 1.3.2017.
- 12 Swegon ilmanvaihtolaitteet W-sarja. Verkkodokumentti. Swegon Oy. <<http://www.swegon.com/fi/Swegon-Home->

- Solutions/Tuotteet/Ilmanvaihtolaitteet/Vastavirtakennoiset-W-sarja/>. Luettu 1.3.2017.
- 13 Smart säädin. Verkkodokumentti. Swegon Oy. <http://www.swegon.com/Global/HomeSolutions/Icons%20and%20Panels/Smart_Comfort_panel.jpg>. Luettu 1.3.2017.
 - 14 ETS Nord tuotteet. 2017. Verkkodokumentti. ETS Nord. <<https://www.etsnord.fi/tuotteet/>>. Luettu 25.2.2017.
 - 15 Fläkt Woods tuotteet. 2017. Verkkodokumentti. Fläkt Woods. <<http://www.flaktwoods.fi/products/>>. Luettu 25.2.2017.
 - 16 Lindab ilmastointituotteet. 2017. Verkkodokumentti. Lindab. <<http://www.lindab.com/fi/pro/pages/default.aspx?redirecttoproorhome=true&i=3901>>. Luettu 28.2.2017.
 - 17 Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus. 2014. Verkkodokumentti. Rakennustieto. <<http://m1.rts.fi/ilmanvaihtotuotteiden-puhtausluokitus-m1>>. Päivitetty 12.11.2014. Luettu 28.2.2017.
 - 18 DSE poistoilmaventtiili. 2015. Verkkodokumentti. ETS Nord. <https://www.etsnord.fi/wp-content/uploads/2015/12/DSE_plafoon-1024x1024.png>. Luettu 1.3.2017.
 - 19 KSO poistoilmaventtiili. Verkkodokumentti. Fläkt Woods. <http://www.flaktwoods.fi/remote.jpg.ashx?format=png&mode=max&width=400&height=400&urlb64=aHR0cDovL3Jlc291cmNlcy5mbGFrdHdvdj2RzLmNvbS9QZXJmaW9uL0ltYWdlLmFzcHg_aWQ9ZjRkOTJmODQtYzk4OS00OTImLWI1NDktMTM1ZjFIMTM4MDkyJnNpemU9NjAweDYwMA&hmac=rdFFpREaYnM>. Luettu 1.3.2017.
 - 20 KSU poistoilmaventtiili. Verkkodokumentti. Lindab. <<http://www.lindab.com/sitecollectionimages/products/ksu.jpg>>. Luettu 1.3.2017.
 - 21 Talotekniikka-alan työehtosopimus 2017—2018. 2017. Verkkodokumentti. Rakennusliitto. <<https://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2017/02/Talotekniikka-alan-ty%C3%B6ehtosopimus-2017-2018.pdf>>. Luettu 8.3.2017.

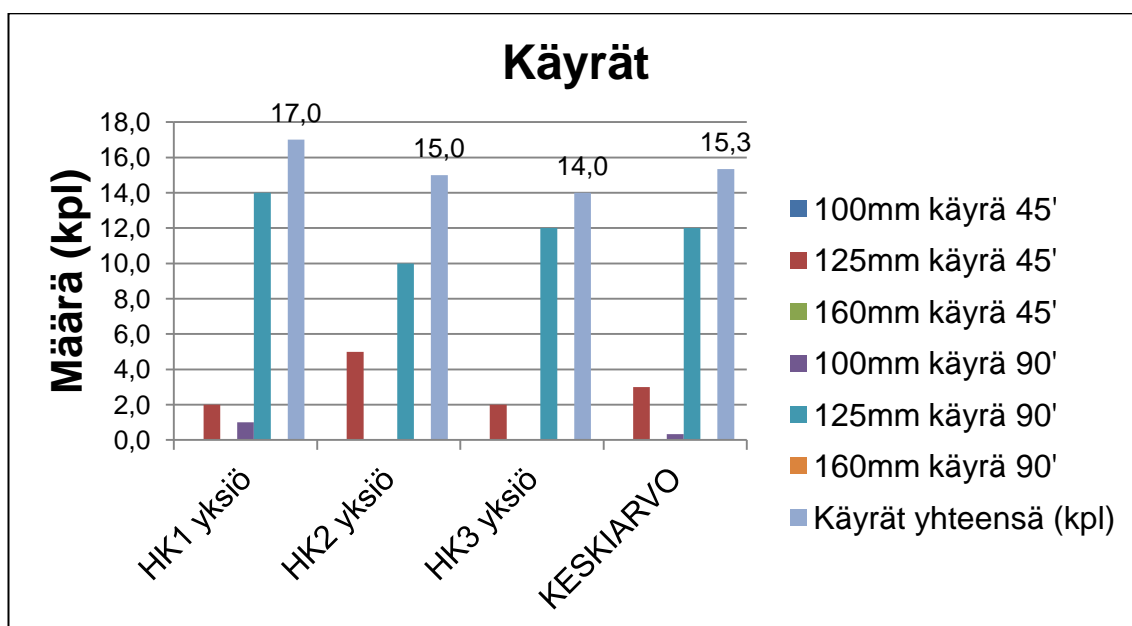
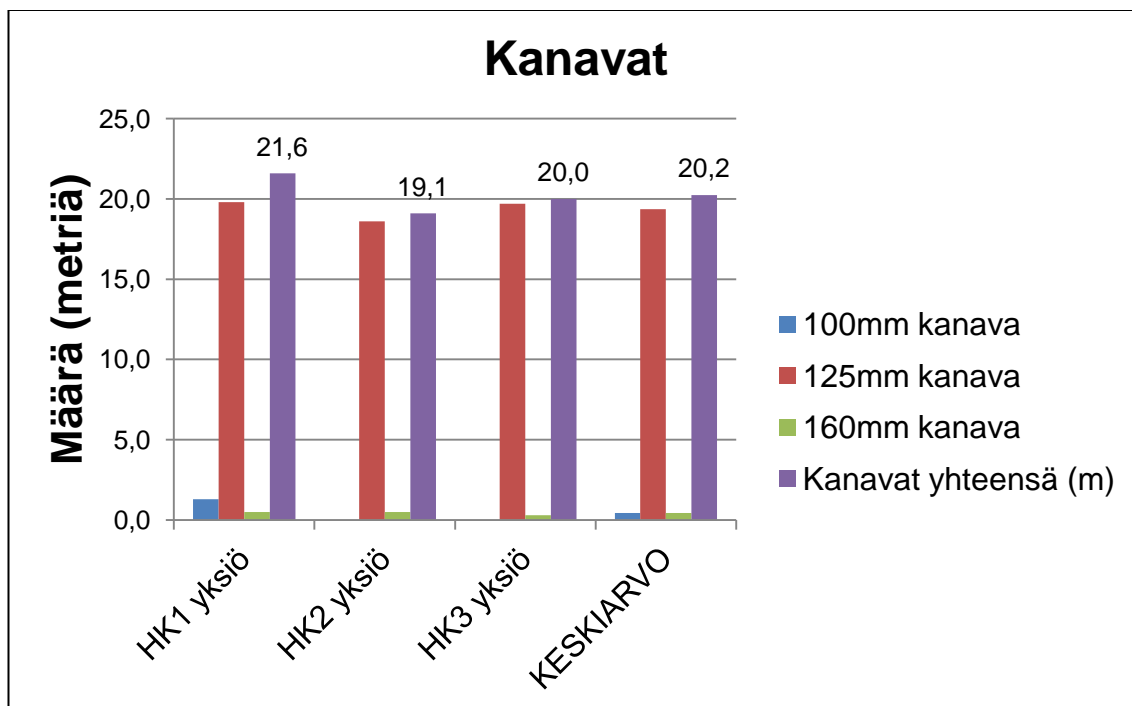
Hajautetun järjestelmän yksiöt

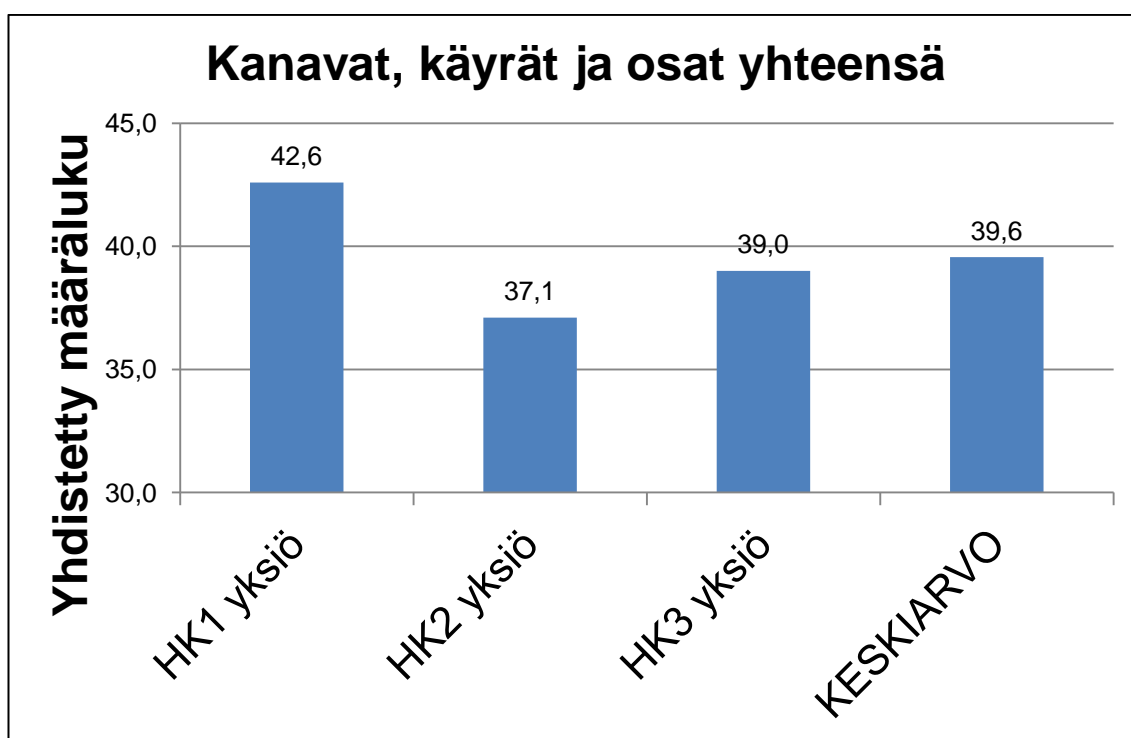
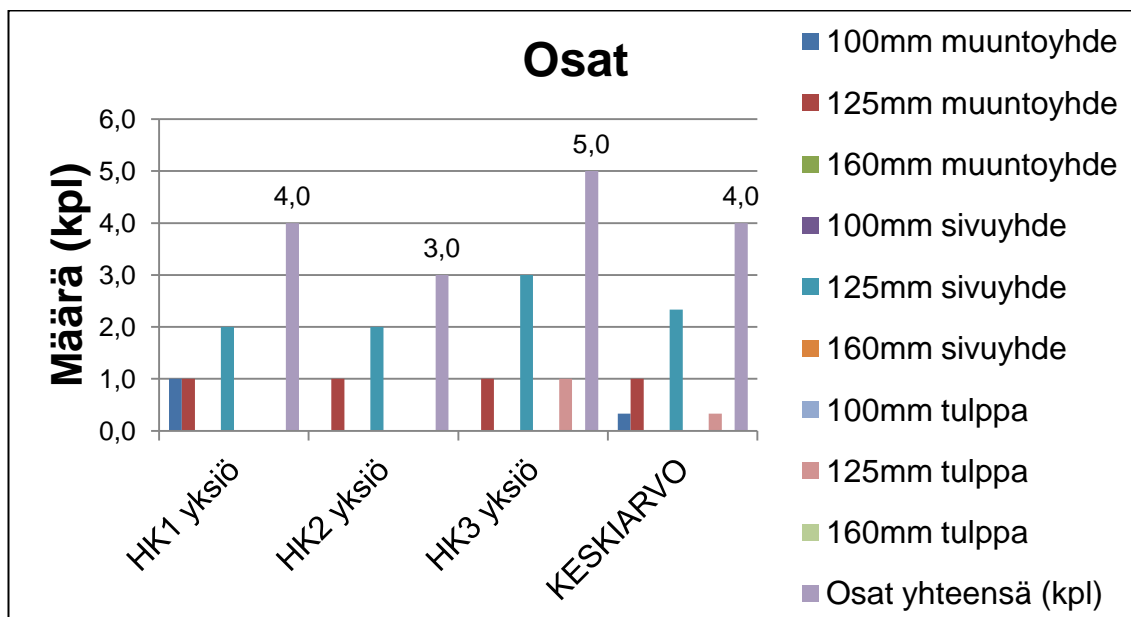
KANAVAT JA OSAT	HK1 yksiö	HK2 yksiö	HK3 yksiö	YHTEENSÄ	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
Kierresaumakanava metriä									
100mm kanava	1,3	0,0	0,0	1,3	0,4	0,4	0,9		
125mm kanava	19,8	18,6	19,7	58,1	19,4	0,8	0,4		
160mm kanava	0,5	0,5	0,3	1,3	0,4	0,1	0,1		
Kanavat yhteensä (m)	21,6	19,1	20,0	60,7	20,2	1,1	1,4	5,9	6,3
Käyrä 45 astetta									
100mm käyrä 45'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm käyrä 45'	2,0	5,0	2,0	9,0	3,0	1,0	2,0		
160mm käyrä 45'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrä 90 astetta									
100mm käyrä 90'	1,0	0,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm käyrä 90'	14,0	10,0	12,0	36,0	12,0	2,0	2,0		
160mm käyrä 90'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrät yhteensä (kpl)	17,0	15,0	14,0	46,0	15,3	1,3	1,7	9,5	9,8
Muuntoyhde									
100mm muuntoyhde	1,0	0,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm muuntoyhde	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	0,0	0,0		
160mm muuntoyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Sivuyhde kanavalle									
100mm sivuyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm sivuyhde	2,0	2,0	3,0	7,0	2,3	0,3	0,7		
160mm sivuyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tulppa kanavalle									
100mm tulppa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm tulppa	0,0	0,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
160mm tulppa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Osat yhteensä (kpl)	4,0	3,0	5,0	12,0	4,0	1,0	1,0	33,3	20,0
Puhdistuluukku kanavalle									
100mm puhdistuluukku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm puhdistuluukku	3,0	0,0	4,0	7,0	2,3	2,3	1,7		
160mm puhdistuluukku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Äänvaimennin P=500mm-600mm									
100mm äänvaimennin P=600mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm äänvaimennin P=600mm	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
160mm äänvaimennin P=600mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Äänvaimennin P=900m-1000mm									
100mm äänvaimennin P=1000mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm äänvaimennin P=1000mm	3,0	2,0	2,0	7,0	2,3	0,3	0,7		
160mm äänvaimennin P=1000mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Säätöpelti									
100mm säätöpelti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm säätöpelti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm säätöpelti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Palopelti E-luokka									
100mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Palopelti EI-luokka									
100mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Poistoilmaventtiili esim. KSO									
100mm poistoventtiili esim KSO	1,0	0,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm poistoventtiili esim KSO	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	0,0	0,0		
160mm poistoventtiili esim KSO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Poistoilmaventtiili esim KSOS									
100mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili seinä STQA									
100mm tuloventtiili seinä esim STQA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm tuloventtiili seinä esim STQA	2,0	2,0	2,0	6,0	2,0	0,0	0,0		
160mm tuloventtiili seinä esim STQA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili katto esim KTS									
100mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS									
100mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
MUUT YHTEENSÄ	10	6	9	25	8,33333333				
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	42,6	37,1	39	118,7	39,6	2,5	3,0	6,6	7,1

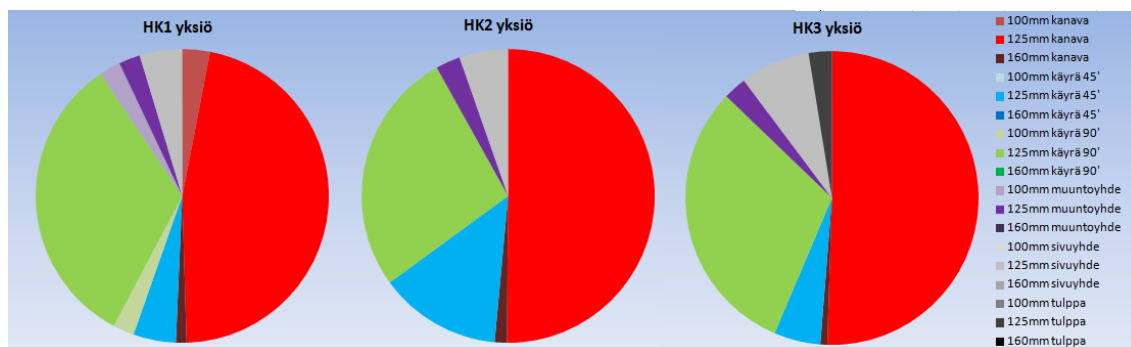
Hajautetun järjestelmän yksiö

Määrävertailu

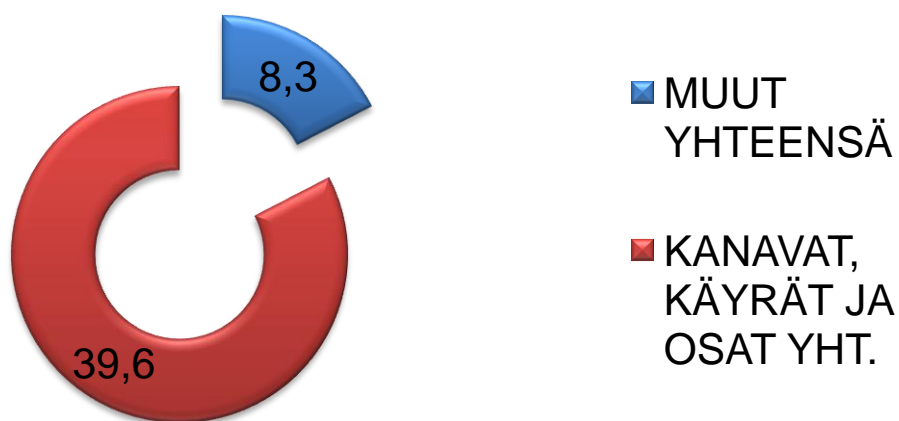
	HK1 yksiö	HK2 yksiö	HK3 yksiö	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
Kanavat yhteensä (m)	21,6	19,1	20,0	20,2	1,1	1,4	5,9	6,3
Käyrät yhteensä (kpl)	17,0	15,0	14,0	15,3	1,3	1,7	9,5	9,8
Osat yhteensä (kpl)	4,0	3,0	5,0	4,0	1,0	1,0	33,3	20,0
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	42,6	37,1	39,0	39,6	2,5	3,0	6,6	7,1







Hajautetun järjestelmän yksiö referenssikohteiden keskiarvo



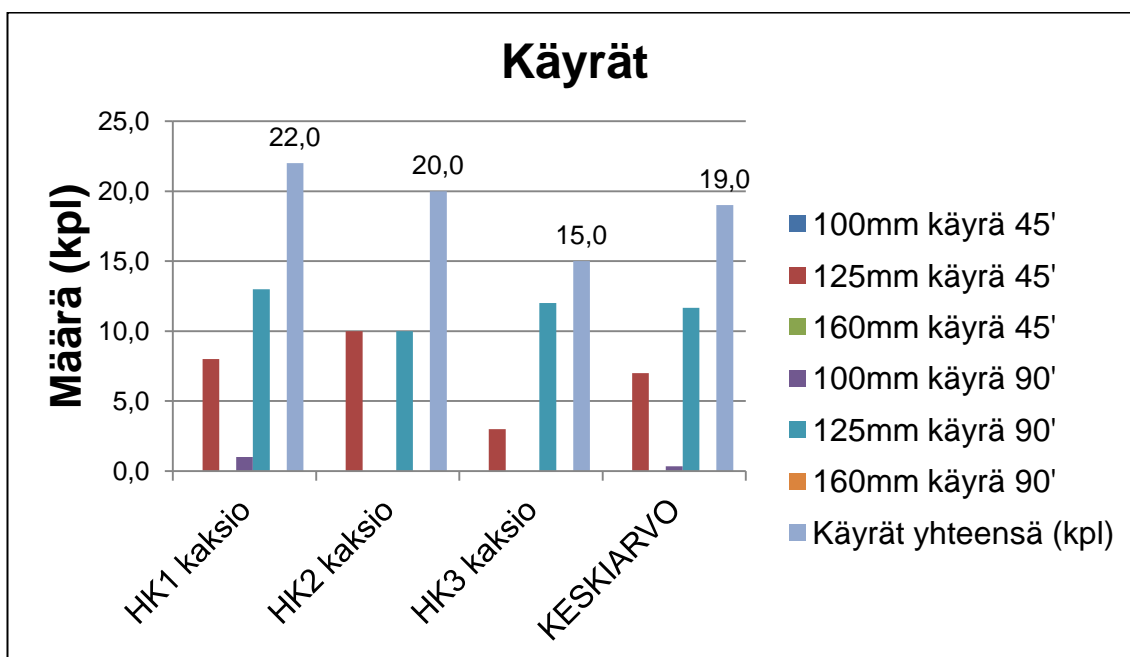
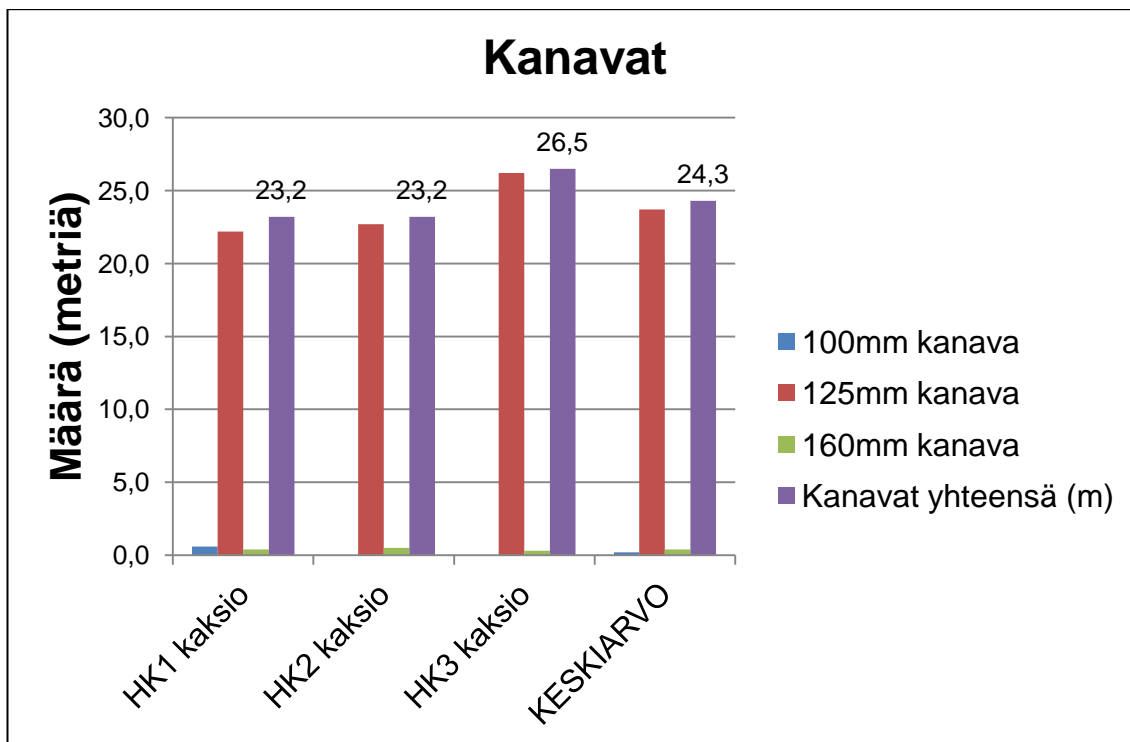
Hajautetun järjestelmän kaksiot

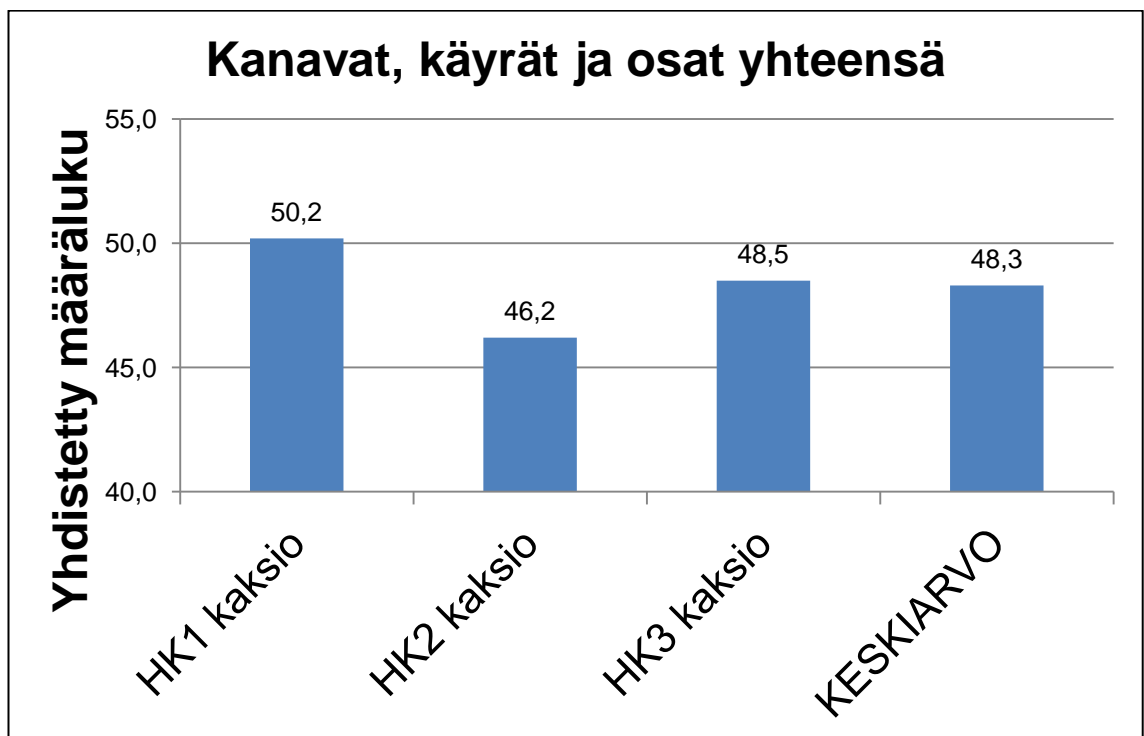
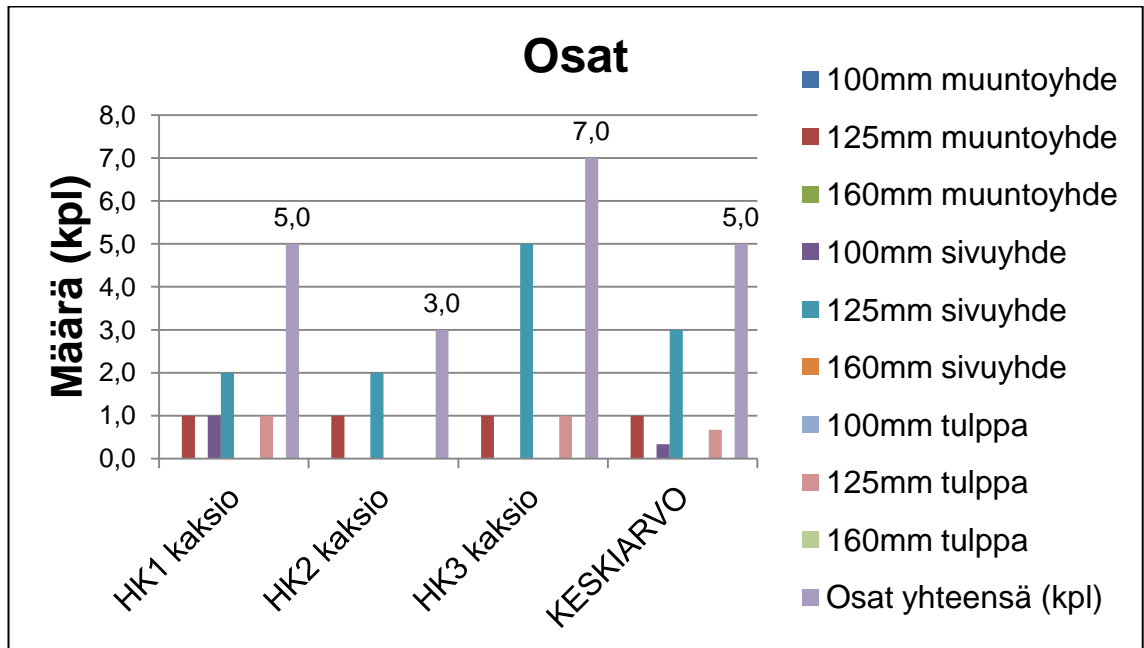
KANAVAT JA OSAT	HK1 kaksio	HK2 kaksio	HK3 kaksio	YHTEENSÄ	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
Kierresaumakanava metriä									
100mm kanava	0,6	0,0	0,0	0,6	0,2	0,2	0,4		
125mm kanava	22,2	22,7	26,2	71,1	23,7	1,5	2,5		
160mm kanava	0,4	0,5	0,3	1,2	0,4	0,1	0,1		
Kanavat yhteensä (m)	23,2	23,2	26,5	72,9	24,3	1,1	2,2	4,7	8,3
Käyrä 45 astetta									
100mm käyrä 45'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm käyrä 45'	8,0	10,0	3,0	21,0	7,0	4,0	3,0		
160mm käyrä 45'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrä 90 astetta									
100mm käyrä 90'	1,0	0,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm käyrä 90'	13,0	10,0	12,0	35,0	11,7	1,7	1,3		
160mm käyrä 90'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrät yhteensä (kpl)	22,0	20,0	15,0	57,0	19,0	4,0	3,0	26,7	13,6
Muuntoyhde									
100mm muuntoyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm muuntoyhde	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	0,0	0,0		
160mm muuntoyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Sivuyhde kanavalle									
100mm sivuyhde	1,0	0,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm sivuyhde	2,0	2,0	5,0	9,0	3,0	1,0	2,0		
160mm sivuyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tulppa kanavalle									
100mm tulppa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm tulppa	1,0	0,0	1,0	2,0	0,7	0,7	0,3		
160mm tulppa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Osat yhteensä (kpl)	5,0	3,0	7,0	15,0	5,0	2,0	2,0	66,7	28,6
Puhdistuluukku kanavalle									
100mm puhdistuluukku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm puhdistuluukku	2,0	0,0	3,0	5,0	1,7	1,7	1,3		
160mm puhdistuluukku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Äänvaimennin P=500mm-600mm									
100mm äänvaimennin P=600mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm äänvaimennin P=600mm	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
160mm äänvaimennin P=600mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Äänvaimennin P=900m-1000mm									
100mm äänvaimennin P=1000mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm äänvaimennin P=1000mm	3,0	2,0	2,0	7,0	2,3	0,3	0,7		
160mm äänvaimennin P=1000mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Säätöpelti									
100mm säätöpelti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm säätöpelti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm säätöpelti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Palopelti E-luokka									
100mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Palopelti EI-luokka									
100mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Poistoilmaventtiili esim. KSO									
100mm poistoventtiili esim KSO	1,0	1,0	0,0	2,0	0,7	0,7	0,3		
125mm poistoventtiili esim KSO	1,0	0,0	1,0	2,0	0,7	0,7	0,3		
160mm poistoventtiili esim KSO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Poistoilmaventtiili esim KSOS									
100mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili seinä STQA									
100mm tuloventtiili seinä esim STQA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm tuloventtiili seinä esim STQA	2,0	2,0	2,0	6,0	2,0	0,0	0,0		
160mm tuloventtiili seinä esim STQA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili katto esim KTS									
100mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS									
100mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
MUUT YHTEENSÄ	9,0	6,0	8,0	23,0	7,7				
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	50,2	46,2	48,5	144,9	48,3	2,1	1,9	4,5	3,8

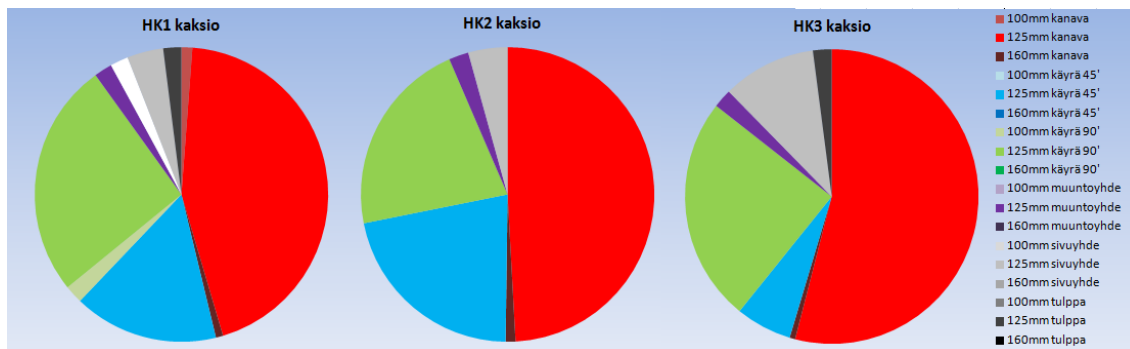
Hajautetun järjestelmän kaksio

Määrävertailu

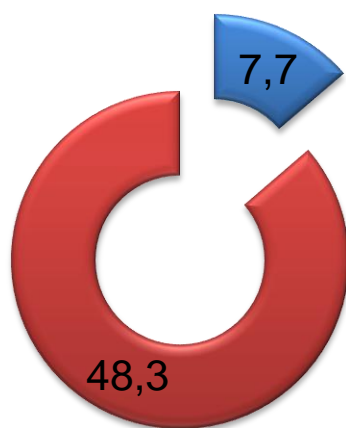
	HK1 kaksio	HK2 kaksio	HK3 kaksio	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
Kanavat yhteensä (m)	23,2	23,2	26,5	24,3	1,1	2,2	4,7	8,3
Käyrät yhteensä (kpl)	22,0	20,0	15,0	19,0	4,0	3,0	26,7	13,6
Osat yhteensä (kpl)	5,0	3,0	7,0	5,0	2,0	2,0	66,7	28,6
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	50,2	46,2	48,5	48,3	2,1	1,9	4,5	3,8







Hajautetun järjestelmän kaksio referenssikohteiden keskiarvo



■ MUUT YHTEENSÄ

■ KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.

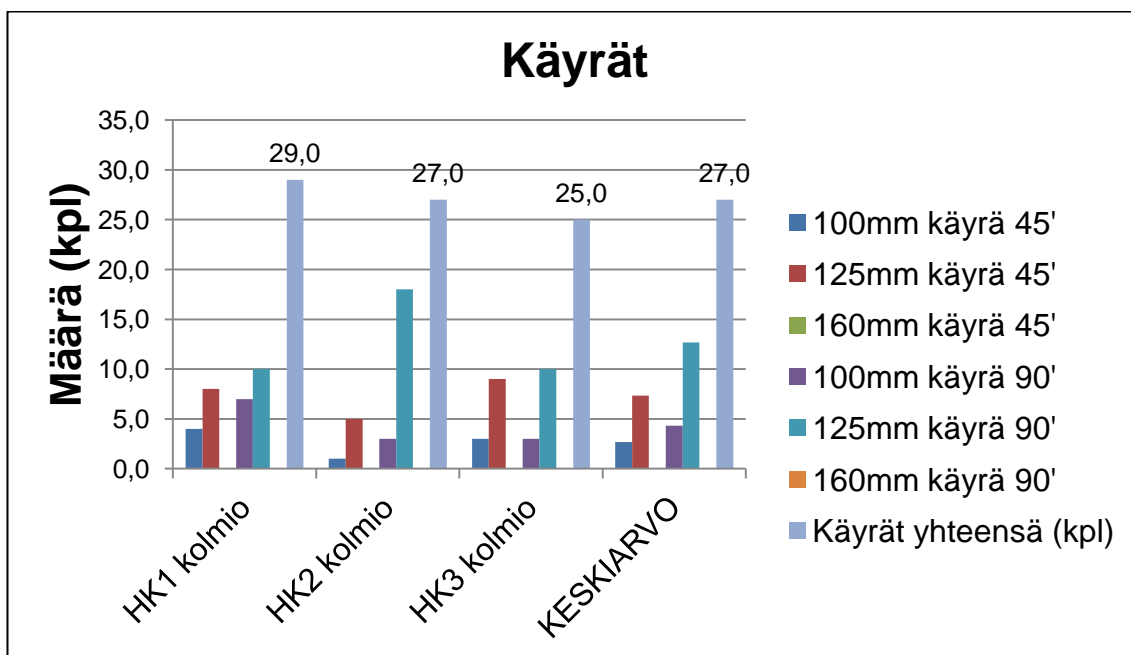
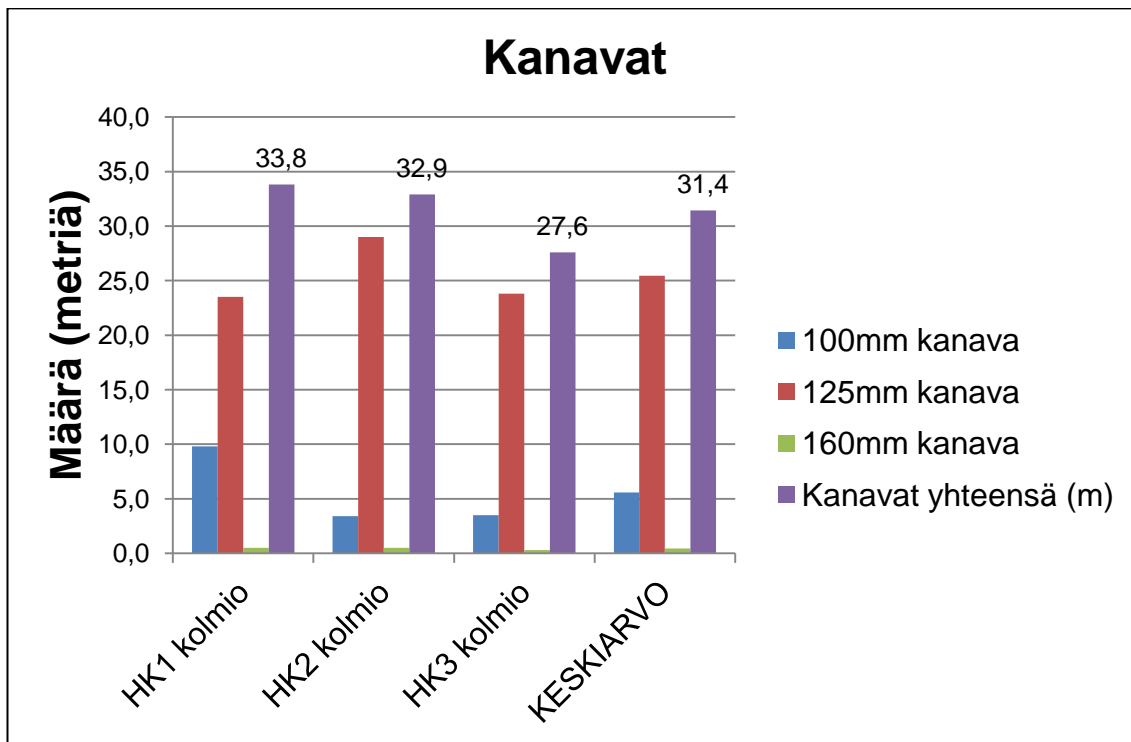
Hajautetun järjestelmän kolmiot

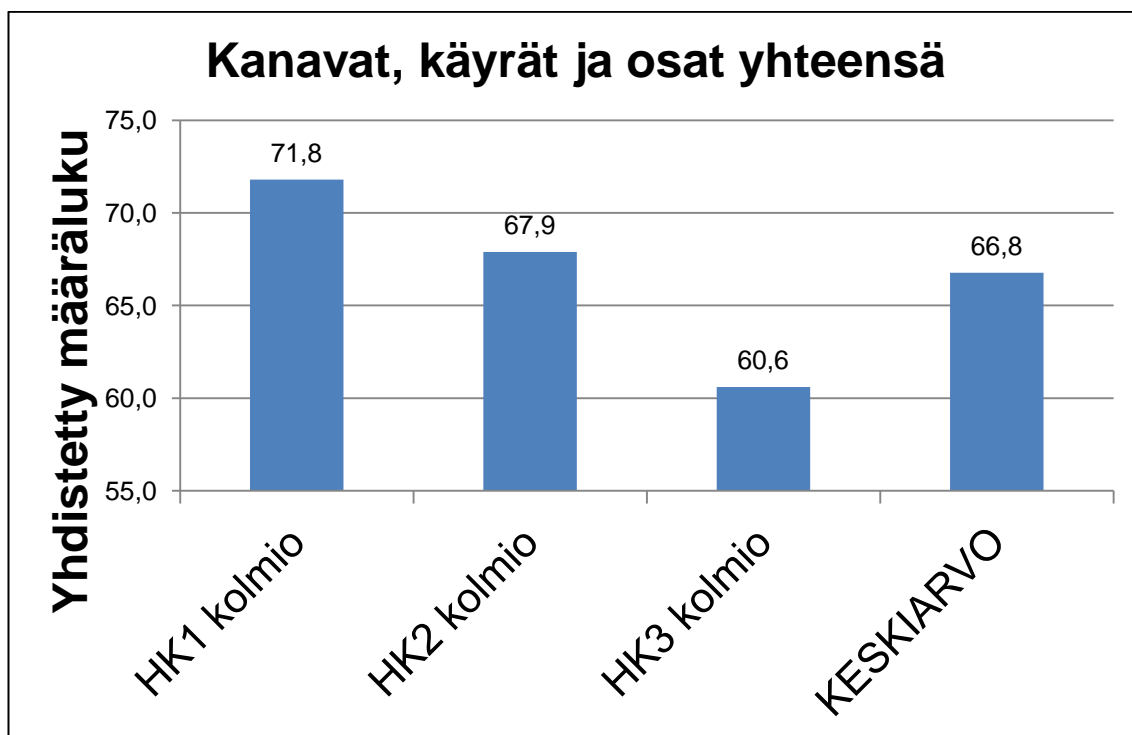
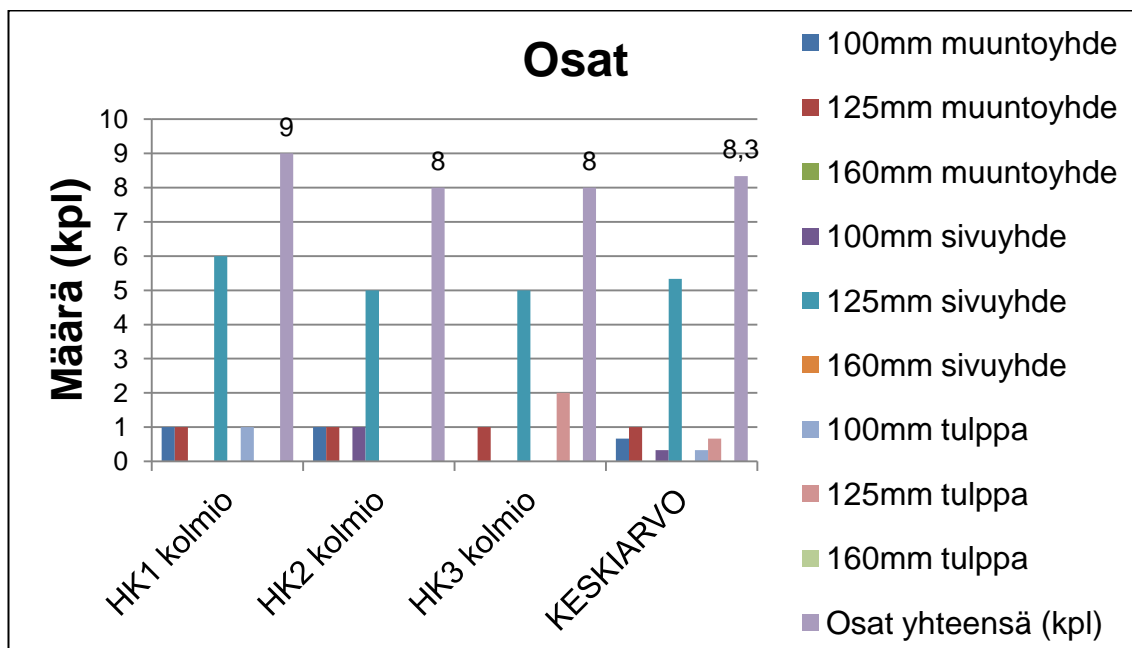
KANAVAT JA OSAT	HK1 kolmio	HK2 kolmio	HK3 kolmio	YHTEENSÄ	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAAN%
Kierresaumakanava metriä									
100mm kanava	9,8	3,4	3,5	16,7	5,6	2,2	4,2		
125mm kanava	23,5	29,0	23,8	76,3	25,4	1,9	3,6		
160mm kanava	0,5	0,5	0,3	1,3	0,4	0,1	0,1		
Kanavat yhteensä (m)	33,8	32,9	27,6	94,3	31,4	3,8	2,4	13,9	7,0
Käyrä 45 astetta									
100mm käyrä 45°	4,0	1,0	3,0	8,0	2,7	1,7	1,3		
125mm käyrä 45°	8,0	5,0	9,0	22,0	7,3	2,3	1,7		
160mm käyrä 45°	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrä 90 astetta									
100mm käyrä 90°	7,0	3,0	3,0	13,0	4,3	1,3	2,7		
125mm käyrä 90°	10,0	18,0	10,0	38,0	12,7	2,7	5,3		
160mm käyrä 90°	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrät yhteensä (kpl)	29,0	27,0	25,0	81,0	27,0	2,0	2,0	8,0	6,9
Muuntoyhde									
100mm muuntoyhde	1	1	0	2	0,7	0,7	0,3		
125mm muuntoyhde	1	1	1	3	1,0	0,0	0,0		
160mm muuntoyhde	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0		
Sivuyhde kanavalle									
100mm sivuyhde	0	1	0	1	0,3	0,3	0,7		
125mm sivuyhde	6	5	5	16	5,3	0,3	0,7		
160mm sivuyhde	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0		
Tulppa kanavalle									
100mm tulppa	1	0	0	1	0,3	0,3	0,7		
125mm tulppa	0	0	2	2	0,7	0,7	1,3		
160mm tulppa	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0		
Osat yhteensä (kpl)	9	8	8	25	8,3	0,3	0,7	4,2	7,4
Puhdistuluukku kanavalle									
100mm puhdistuluukku	0	0	0	0	0	0	0		
125mm puhdistuluukku	3	1	2	6	2	1	1		
160mm puhdistuluukku	0	0	0	0	0	0	0		
Äänenvaimennin P=500mm-600mm									
100mm äänenvaimennin P=600mm	0	0	0	0	0	0	0		
125mm äänenvaimennin P=600mm	0	1	0	1	0,3	0,3	0,7		
160mm äänenvaimennin P=600mm	0	0	0	0	0	0	0		
Äänenvaimennin P=900m-1000mm									
100mm äänenvaimennin P=1000mm	0	0	0	0	0	0	0		
125mm äänenvaimennin P=1000mm	2	2	2	6	2	0	0		
160mm äänenvaimennin P=1000mm	0	0	0	0	0	0	0		
Säätöpelti									
100mm säätöpelti	0	0	0	0	0	0	0		
125mm säätöpelti	0	0	0	0	0	0	0		
160mm säätöpelti	0	0	0	0	0	0	0		
Palopelti E-luokka									
100mm palopelti E-luokka	0	0	0	0	0	0	0		
125mm palopelti E-luokka	0	0	0	0	0	0	0		
160mm palopelti E-luokka	0	0	0	0	0	0	0		
Palopelti EI-luokka									
100mm palopelti EI-luokka	0	0	0	0	0	0	0		
125mm palopelti EI-luokka	0	0	0	0	0	0	0		
160mm palopelti EI-luokka	0	0	0	0	0	0	0		
Poistoilmaventtiili esim. KSO									
100mm poistoventtiili esim KSO	2	1	1	4	1,3	0,3	0,7		
125mm poistoventtiili esim KSO	1	2	1	4	1,3	0,3	0,7		
160mm poistoventtiili esim KSO	0	0	0	0	0	0	0		
Poistoilmaventtiili esim KSOS									
100mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0	0	0	0	0	0	0		
125mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0	0	0	0	0	0	0		
160mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0	0	0	0	0	0	0		
Tuloilmaventtiili seinä STQA									
100mm tuloventtiili seinä esim STQA	1	0	0	1	0,3	0,3	0,7		
125mm tuloventtiili seinä esim STQA	2	3	3	8	2,7	0,7	0,3		
160mm tuloventtiili seinä esim STQA	0	0	0	0	0	0	0		
Tuloilmaventtiili katto esim KTS									
100mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0	0	0	0	0	0	0		
125mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0	0	0	0	0	0	0		
160mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0	0	0	0	0	0	0		
Tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS									
100mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	1	1	1	3	1	0	0		
125mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0	0	0	0	0	0	0		
160mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0	0	0	0	0	0	0		
MUUT YHTEENSÄ	12	11	10	33	11				
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	71,8	67,9	60,6	200,3	66,8	6,2	5,0	10,2	7,0

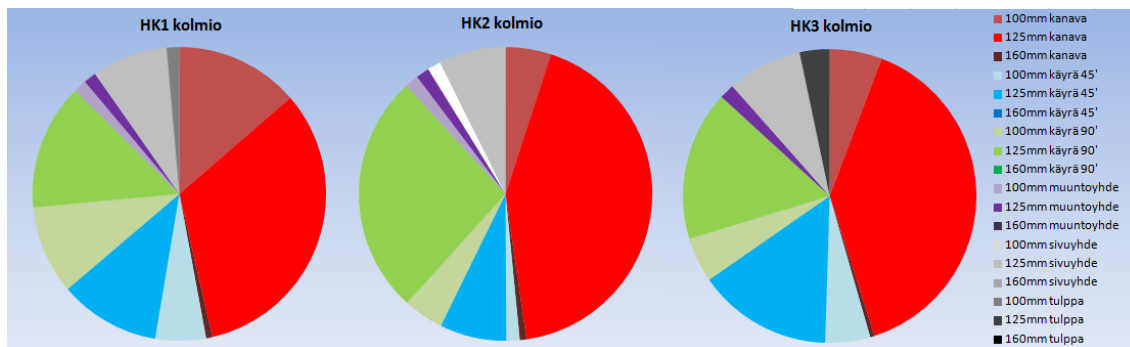
Hajautetun järjestelmän kolmio

Määrävertailu

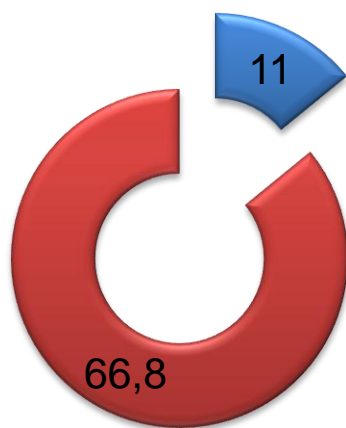
	HK1 kolmio	HK2 kolmio	HK3 kolmio	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
Kanavat yhteensä (m)	33,8	32,9	27,6	31,4	3,8	2,4	13,9	7,0
Käyrät yhteensä (kpl)	29,0	27,0	25,0	27,0	2,0	2,0	8,0	6,9
Osat yhteensä (kpl)	9,0	8,0	8,0	8,3	0,3	0,7	4,2	7,4
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	71,8	67,9	60,6	66,8	6,2	5,0	10,2	7,0







Hajautetun järjestelmän kolmio referenssikohteiden keskiarvo



■ MUUT YHTEENSÄ

■ KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.

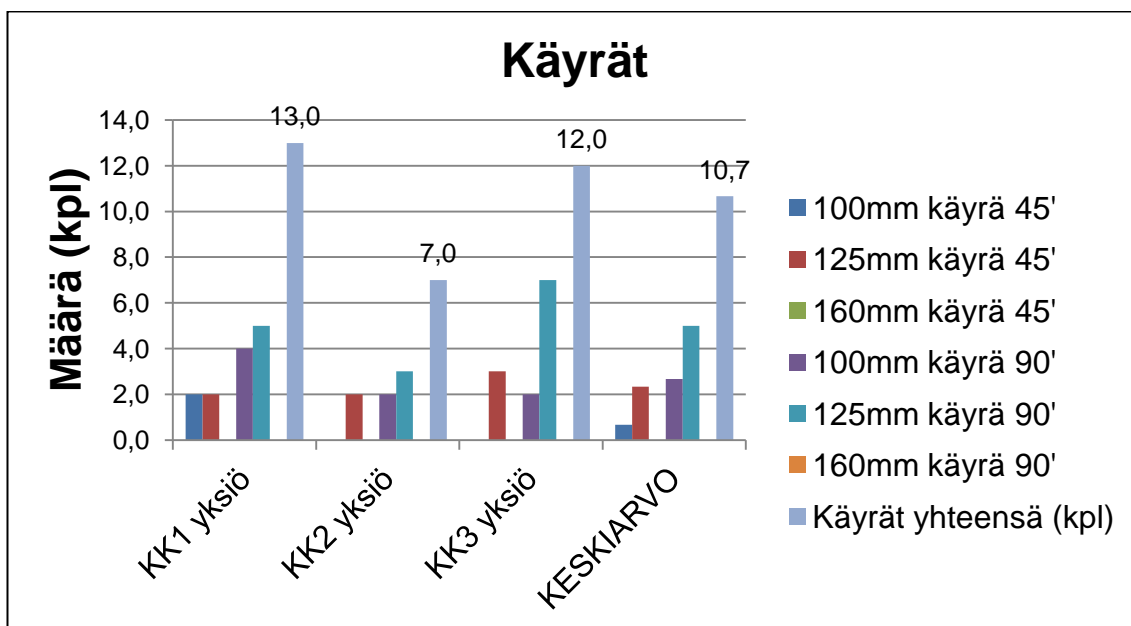
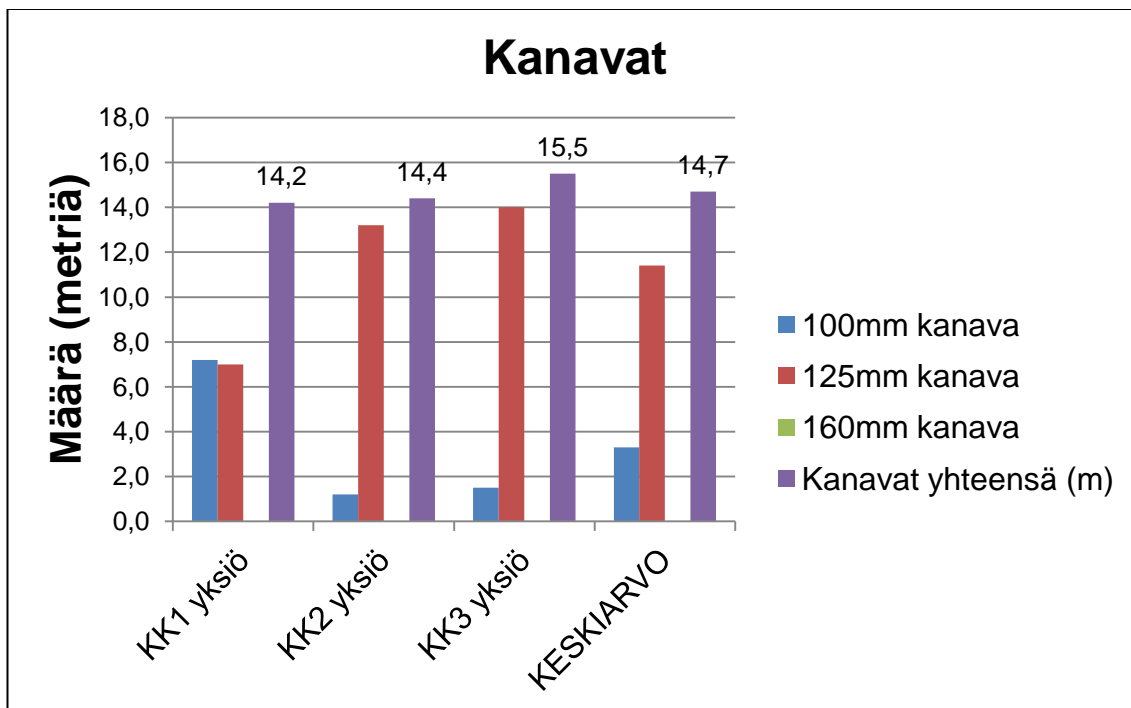
Keskuskoneelliset yksiöt

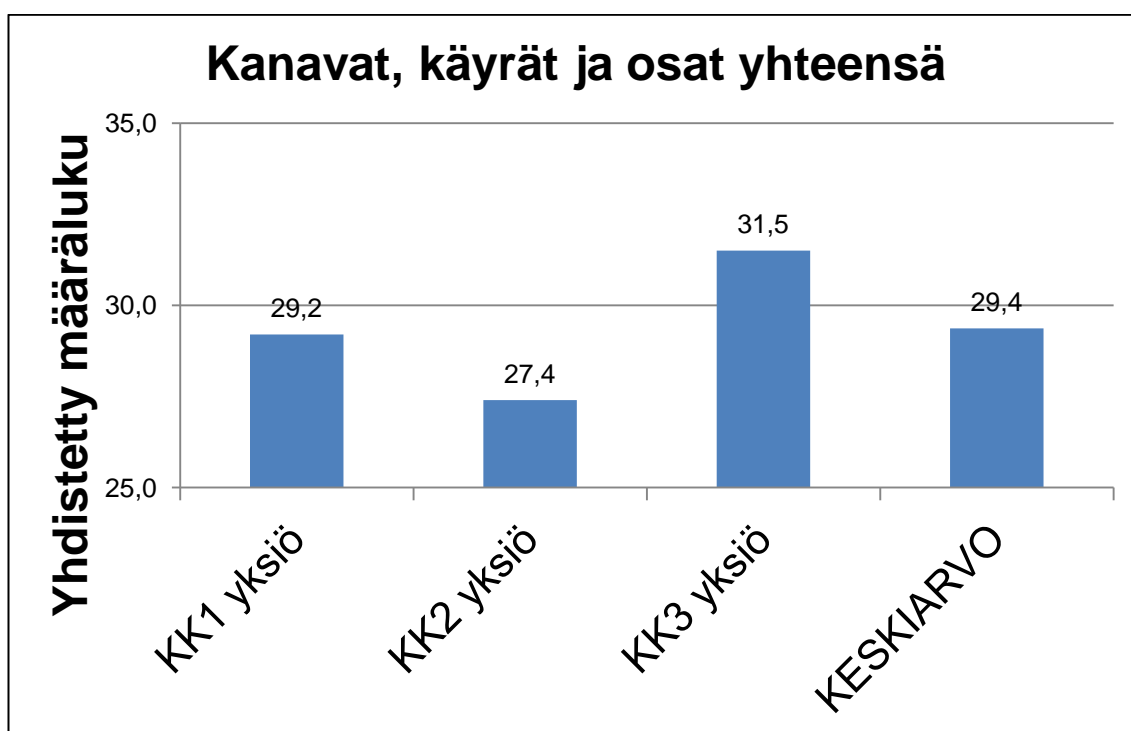
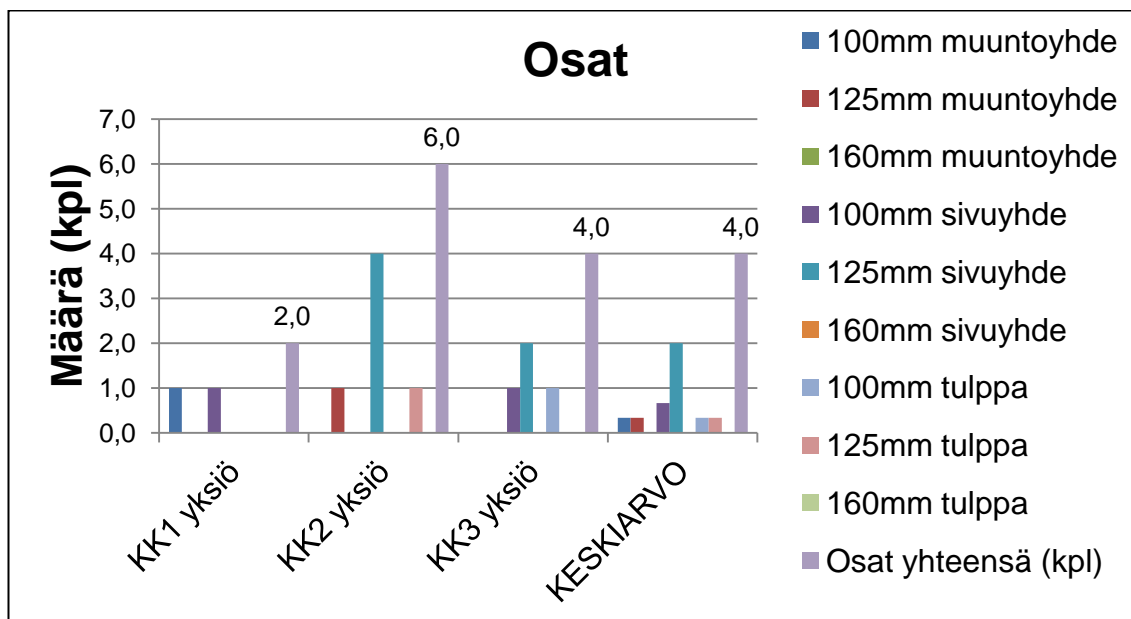
KANAVAT JA OSAT	KK1 yksiö	KK2 yksiö	KK3 yksiö	YHTEENSÄ	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
Kierresaumakanava metriä									
100mm kanava	7,2	1,2	1,5	9,9	3,3	2,1	3,9		
125mm kanava	7,0	13,2	14,0	34,2	11,4	4,4	2,6		
160mm kanava	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Kanavat yhteensä (m)	14,2	14,4	15,5	44,1	14,7	0,5	0,8	3,5	5,2
Käyrä 45 astetta									
100mm käyrä 45'	2,0	0,0	0,0	2,0	0,7	0,7	1,3		
125mm käyrä 45'	2,0	2,0	3,0	7,0	2,3	0,3	0,7		
160mm käyrä 45'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrä 90 astetta									
100mm käyrä 90'	4,0	2,0	2,0	8,0	2,7	0,7	1,3		
125mm käyrä 90'	5,0	3,0	7,0	15,0	5,0	2,0	2,0		
160mm käyrä 90'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrät yhteensä (kpl)	13,0	7,0	12,0	32,0	10,7	3,7	2,3	52,4	17,9
Muuntoyhde									
100mm muuntoyhde	1,0	0,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm muuntoyhde	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
160mm muuntoyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Sivuyhde kanavalle									
100mm sivuyhde	1,0	0,0	1,0	2,0	0,7	0,7	0,3		
125mm sivuyhde	0,0	4,0	2,0	6,0	2,0	2,0	2,0		
160mm sivuyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tulppa kanavalle									
100mm tulppa	0,0	0,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm tulppa	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
160mm tulppa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Osat yhteensä (kpl)	2,0	6,0	4,0	12,0	4,0	2,0	2,0	100,0	33,3
Puhdistuluukku kanavalle									
100mm puhdistuluukku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm puhdistuluukku	3,0	3,0	3,0	9,0	3,0	0,0	0,0		
160mm puhdistuluukku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Äänenvaimennin P=500mm-600mm									
100mm äänenvaimennin P=600mm	0,0	0,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm äänenvaimennin P=600mm	1,0	3,0	3,0	7,0	2,3	1,3	0,7		
160mm äänenvaimennin P=600mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Äänenvaimennin P=900m-1000mm									
100mm äänenvaimennin P=1000mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm äänenvaimennin P=1000mm	2,0	0,0	0,0	2,0	0,7	0,7	1,3		
160mm äänenvaimennin P=1000mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Säätöpelti									
100mm säätöpelti	0,0	0,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm säätöpelti	0,0	2,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0		
160mm säätöpelti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Palopelti E-luokka									
100mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Palopelti EI-luokka									
100mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Poistoilmaventtiili esim. KSO									
100mm poistoventtiili esim KSO	0,0	1,0	1,0	2,0	0,7	0,7	0,3		
125mm poistoventtiili esim KSO	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	0,0	0,0		
160mm poistoventtiili esim KSO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Poistoilmaventtiili esim KSOS									
100mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili seinä STQA									
100mm tuloventtiili seinä esim STQA	2,0	0,0	0,0	2,0	0,7	0,7	1,3		
125mm tuloventtiili seinä esim STQA	0,0	2,0	2,0	4,0	1,3	1,3	0,7		
160mm tuloventtiili seinä esim STQA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili katto esim KTS									
100mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS									
100mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
MUUT YHTEENSÄ	9,0	13,0	13,0	35,0	11,7				
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	29,2	27,4	31,5	88,1	29,4	2,0	2,1	7,2	6,8

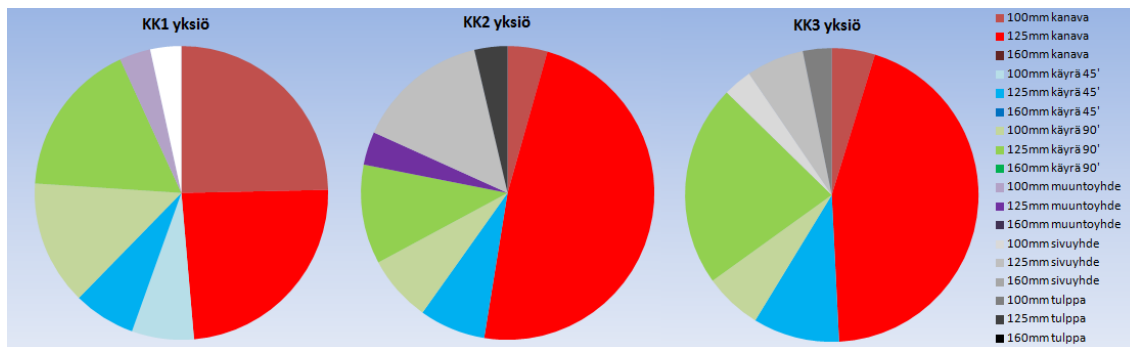
Keskuskoneellinen yksiö

Määrävertailu

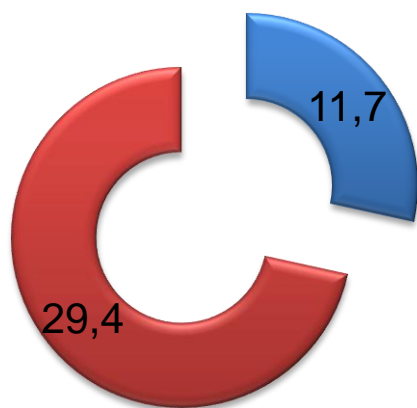
	KK1 yksiö	KK2 yksiö	KK3 yksiö	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
Kanavat yhteensä (m)	14,2	14,4	15,5	14,7	0,5	0,8	3,5	5,2
Käyrät yhteensä (kpl)	13,0	7,0	12,0	10,7	3,7	2,3	52,4	17,9
Osat yhteensä (kpl)	2,0	6,0	4,0	4,0	2,0	2,0	100,0	33,3
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	29,2	27,4	31,5	29,4	2,0	2,1	7,2	6,8







Keskitetyn järjestelmän yksiö referenssikohteiden keskiarvo



■ MUUT YHTEENSÄ

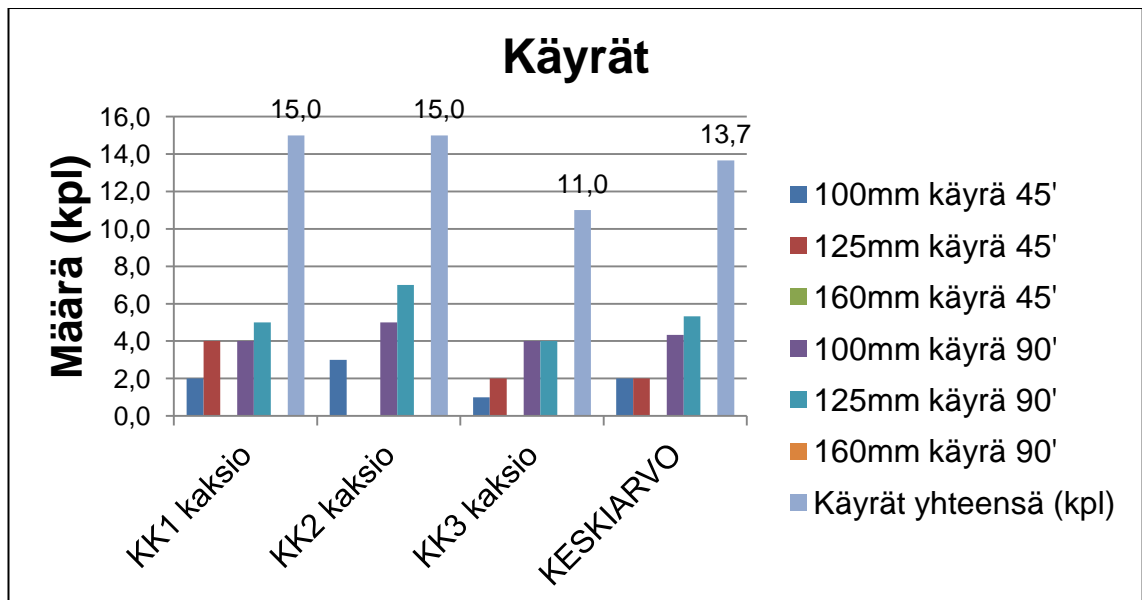
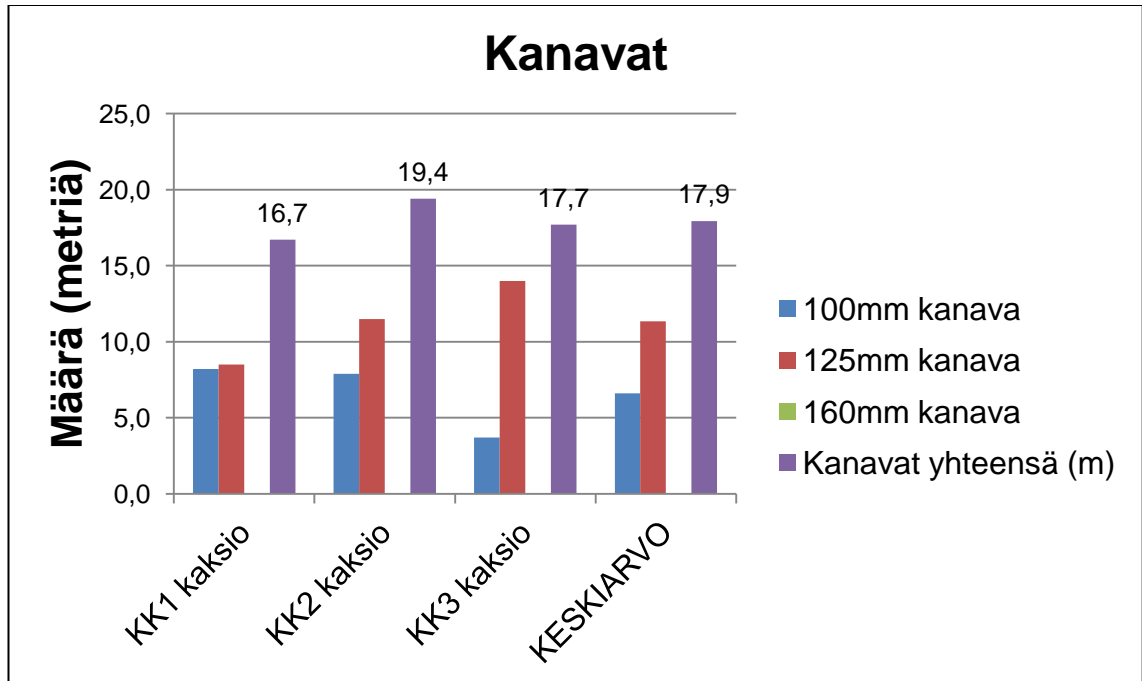
■ KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.

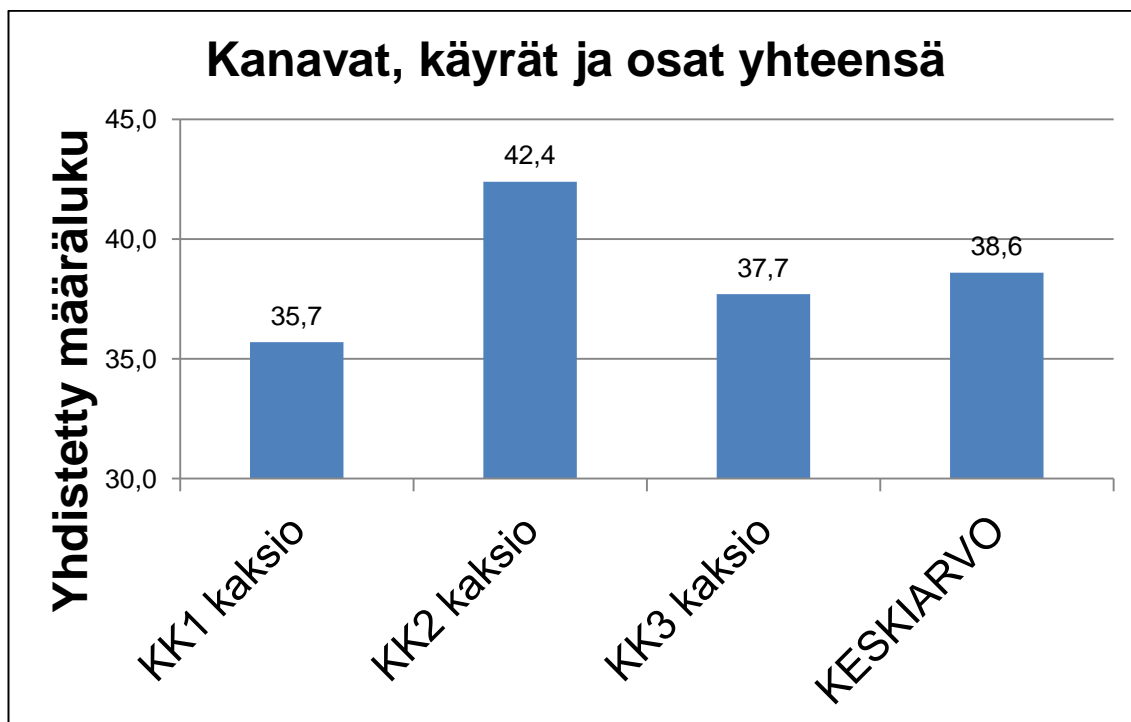
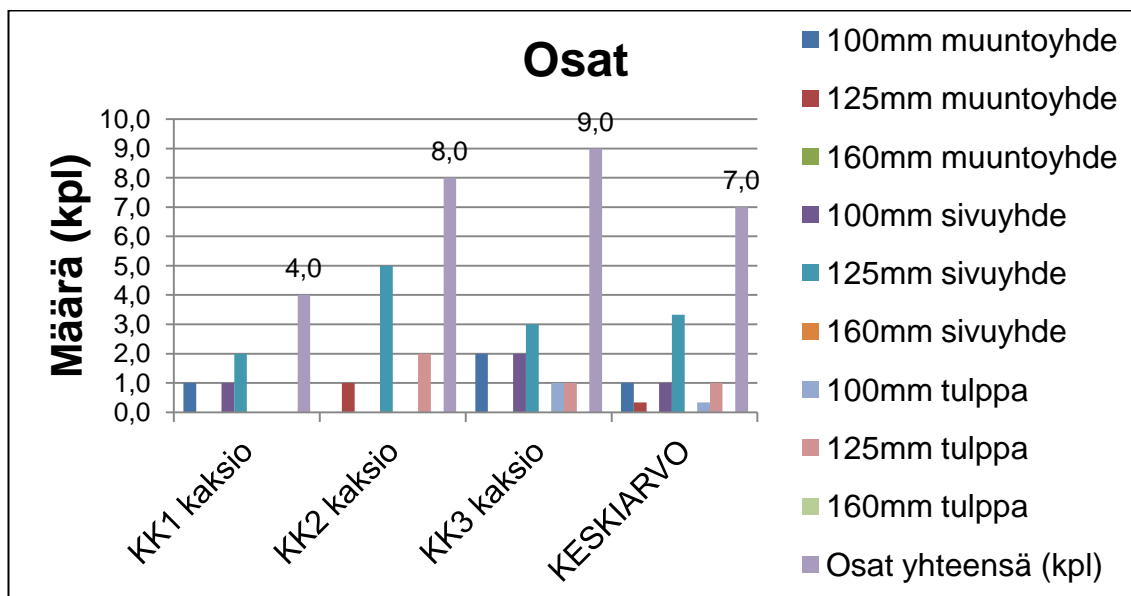
Keskuskoneelliset kaksiot

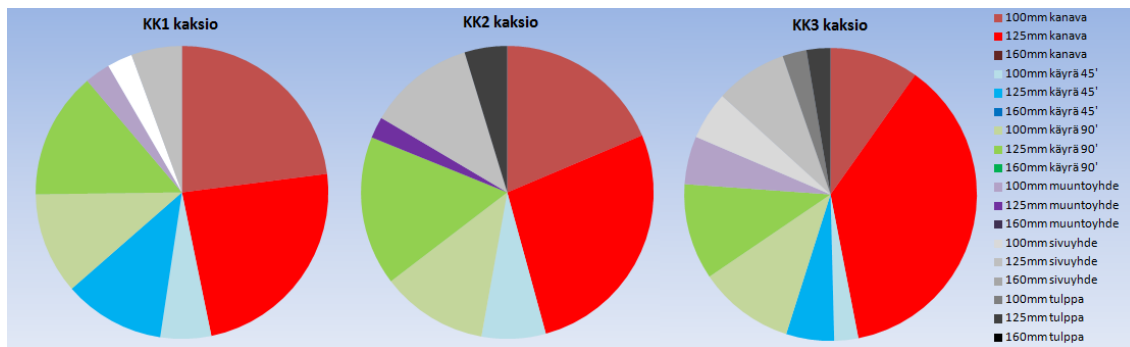
KANAVAT JA OSAT	KK1 kaksio	KK2 kaksio	KK3 kaksio	YHTEENSÄ	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
Kierresaumakanava metriä									
100mm kanava	8,2	7,9	3,7	19,8	6,6	2,9	1,6		
125mm kanava	8,5	11,5	14,0	34,0	11,3	2,8	2,7		
160mm kanava	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Kanavat yhteensä (m)	16,7	19,4	17,7	53,8	17,9	1,2	1,5	7,4	7,6
Käyrä 45 astetta									
100mm käyrä 45'	2,0	3,0	1,0	6,0	2,0	1,0	1,0		
125mm käyrä 45'	4,0	0,0	2,0	6,0	2,0	2,0	2,0		
160mm käyrä 45'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrä 90 astetta									
100mm käyrä 90'	4,0	5,0	4,0	13,0	4,3	0,3	0,7		
125mm käyrä 90'	5,0	7,0	4,0	16,0	5,3	1,3	1,7		
160mm käyrä 90'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrät yhteensä (kpl)	15,0	15,0	11,0	41,0	13,7	2,7	1,3	24,2	8,9
Muuntoyhde									
100mm muuntoyhde	1,0	0,0	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0		
125mm muuntoyhde	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
160mm muuntoyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Sivuyhde kanavalle									
100mm sivuyhde	1,0	0,0	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0		
125mm sivuyhde	2,0	5,0	3,0	10,0	3,3	1,3	1,7		
160mm sivuyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tulppa kanavalle									
100mm tulppa	0,0	0,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm tulppa	0,0	2,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0		
160mm tulppa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Osat yhteensä (kpl)	4,0	8,0	9,0	21,0	7,0	3,0	2,0	75,0	22,2
Puhdistuluukku kanavalle									
100mm puhdistuluukku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm puhdistuluukku	3,0	4,0	3,0	10,0	3,3	0,3	0,7		
160mm puhdistuluukku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Äänvaimennin P=500mm-600mm									
100mm äänvaimennin P=600mm	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm äänvaimennin P=600mm	1,0	3,0	3,0	7,0	2,3	1,3	0,7		
160mm äänvaimennin P=600mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Äänvaimennin P=900m-1000mm									
100mm äänvaimennin P=1000mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm äänvaimennin P=1000mm	2,0	0,0	0,0	2,0	0,7	0,7	1,3		
160mm äänvaimennin P=1000mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Säätöpelti									
100mm säätöpelti	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm säätöpelti	0,0	2,0	2,0	4,0	1,3	1,3	0,7		
160mm säätöpelti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Palopelti E-luokka									
100mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Palopelti EI-luokka									
100mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Poistoilmaventtiili esim. KSO									
100mm poistoventtiili esim KSO	0,0	2,0	0,0	2,0	0,7	0,7	1,3		
125mm poistoventtiili esim KSO	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	0,0	0,0		
160mm poistoventtiili esim KSO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Poistoilmaventtiili esim KSOS									
100mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm poistoilmaventtiili sauna esim KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili seinä STQA									
100mm tuloventtiili seinä esim STQA	2,0	0,0	0,0	2,0	0,7	0,7	1,3		
125mm tuloventtiili seinä esim STQA	0,0	2,0	2,0	4,0	1,3	1,3	0,7		
160mm tuloventtiili seinä esim STQA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili katto esim KTS									
100mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm tuloilmaventtiili katto esim KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS									
100mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
MUUT YHTEENSÄ	9,0	17,0	13,0	39,0	13,0				
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	35,7	42,4	37,7	115,8	38,6	2,9	3,8	8,1	9,0

Keskuskoneellinen kaksio
Määrävertailu

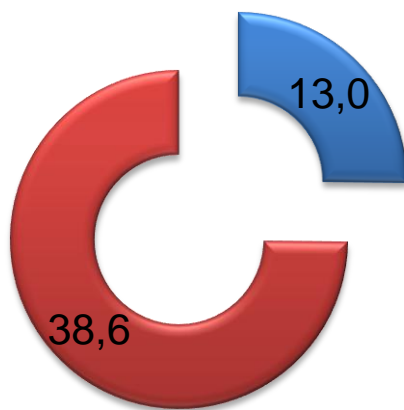
	KK1 kaksio	KK2 kaksio	KK3 kaksio	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
Kanavat yhteensä (m)	16,7	19,4	17,7	17,9	1,2	1,5	7,4	7,6
Käyrät yhteensä (kpl)	15,0	15,0	11,0	13,7	2,7	1,3	24,2	8,9
Osat yhteensä (kpl)	4,0	8,0	9,0	7,0	3,0	2,0	75,0	22,2
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	35,7	42,4	37,7	38,6	2,9	3,8	8,1	9,0







Keskitetyn järjestelmän kaksio referenssikohteiden keskiarvo



■ MUUT YHTEENSÄ

■ KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.

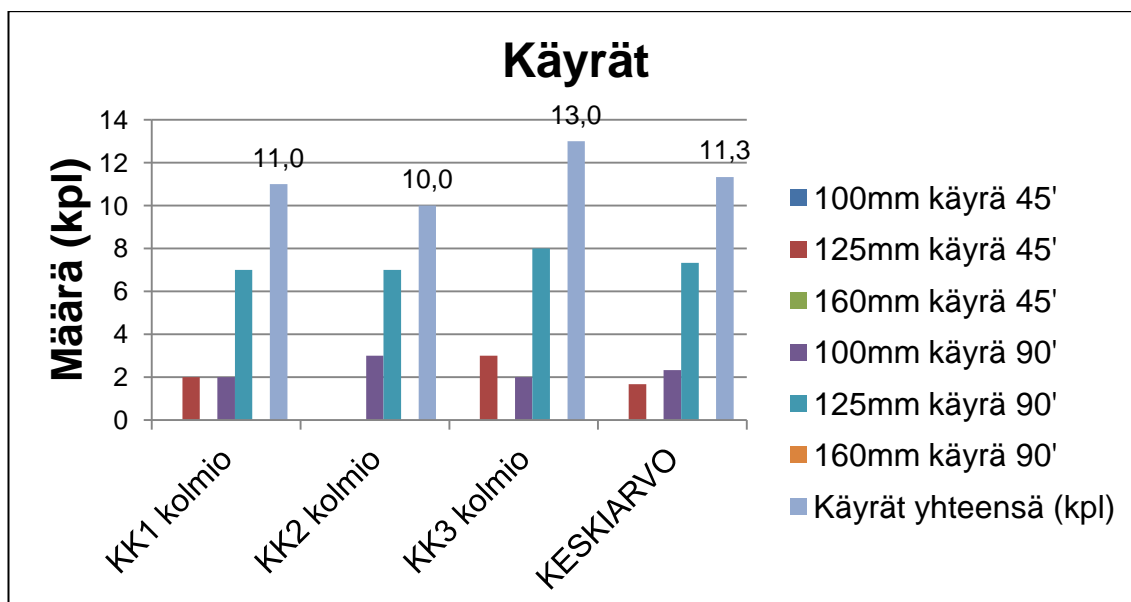
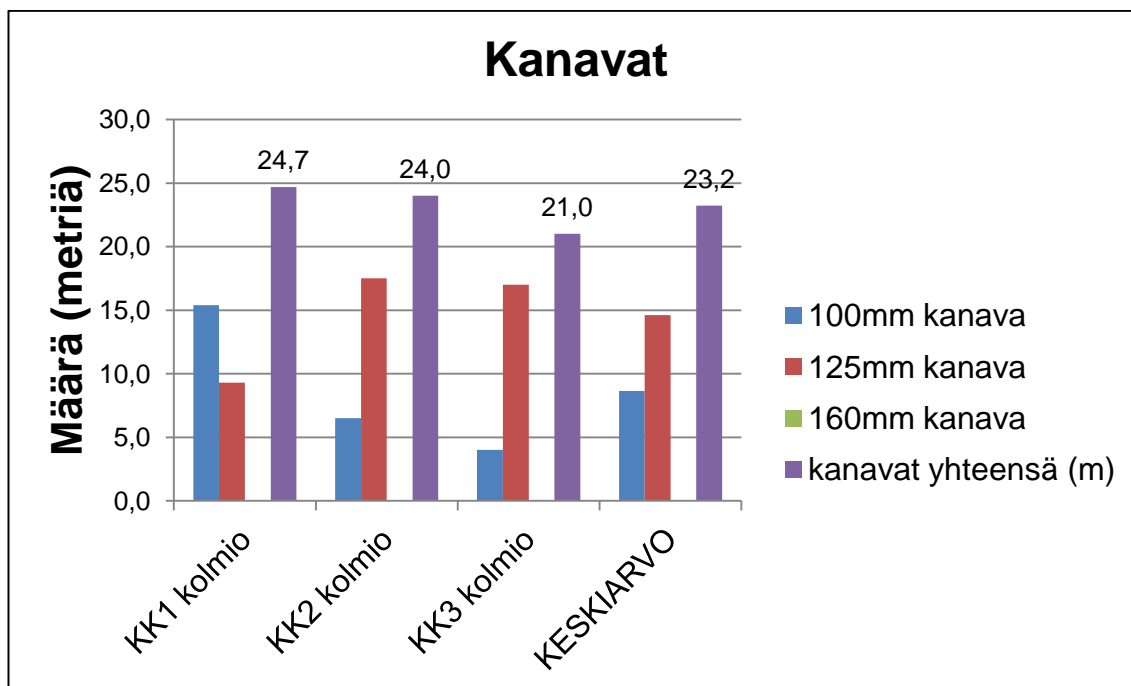
Keskuskoneelliset kolmiot

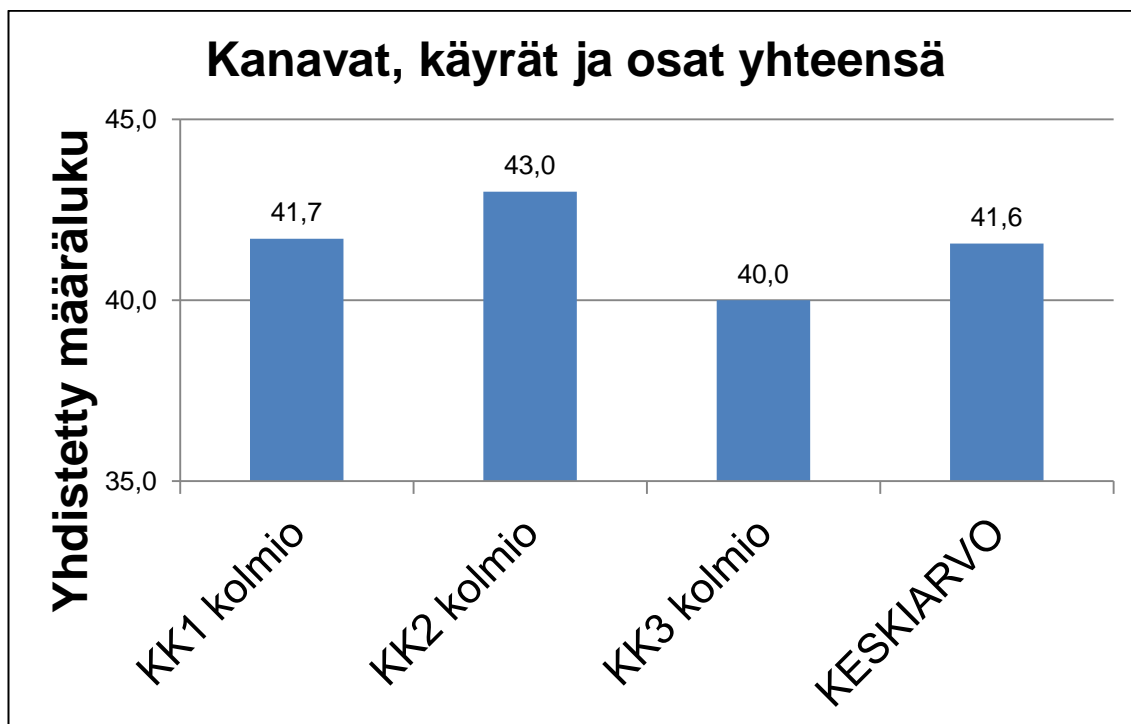
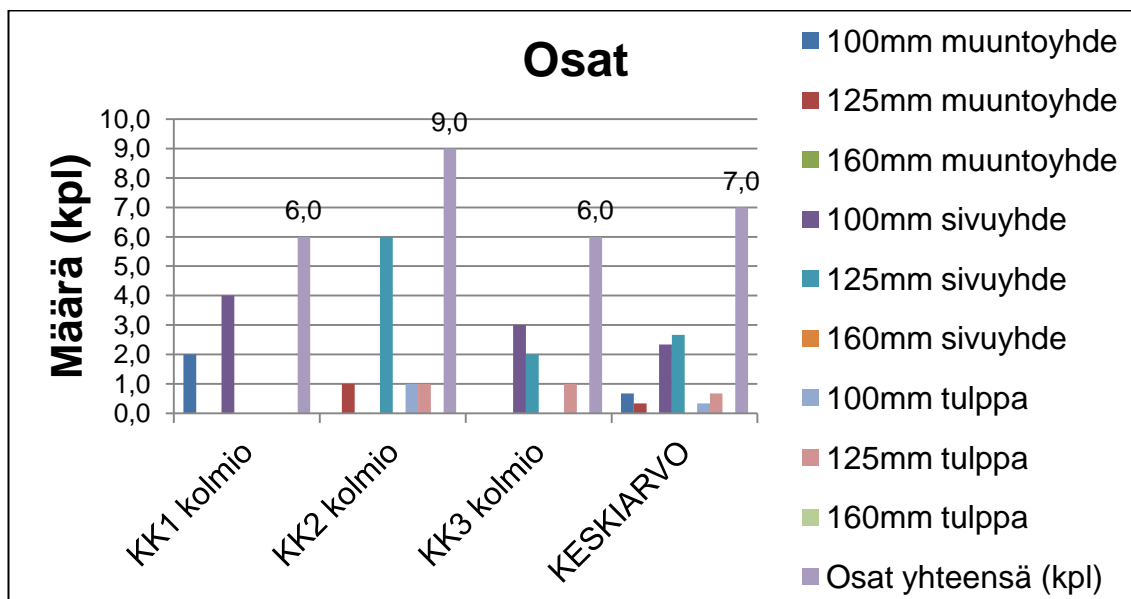
KANAVAT JA OSAT	KK1 kolmio	KK2 kolmio	KK3 kolmio	YHTEENSÄ	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
Kierresaukanava metriä									
100mm kanava	15,4	6,5	4,0	25,9	8,6	4,6	6,8		
125mm kanava	9,3	17,5	17,0	43,8	14,6	5,3	2,9		
160mm kanava	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
kanavat yhteensä (m)	24,7	24,0	21,0	69,7	23,2	2,2	1,5	10,6	5,9
Käyrä 45 astetta									
100mm käyrä 45'	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm käyrä 45'	2	0	3	5,0	1,7	1,7	1,3		
160mm käyrä 45'	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrä 90 astetta									
100mm käyrä 90'	2,0	3,0	2,0	7,0	2,3	0,3	0,7		
125mm käyrä 90'	7,0	7,0	8,0	22,0	7,3	0,3	0,7		
160mm käyrä 90'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Käyrät yhteensä (kpl)	11,0	10,0	13,0	34,0	11,3	1,3	1,7	13,3	12,8
Muuntoyhde									
100mm muuntoyhde	2,0	0,0	0,0	2,0	0,7	0,7	1,3		
125mm muuntoyhde	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
160mm muuntoyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Sivuyhde kanavalle									
100mm sivuyhde	4,0	0,0	3,0	7,0	2,3	2,3	1,7		
125mm sivuyhde	0,0	6,0	2,0	8,0	2,7	2,7	3,3		
160mm sivuyhde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tulppa kanavalle									
100mm tulppa	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm tulppa	0,0	1,0	1,0	2,0	0,7	0,7	0,3		
160mm tulppa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Osat yhteensä (kpl)	6,0	9,0	6,0	21,0	7,0	1,0	2,0	16,7	22,2
Puhdistuluuku kanavalle									
100mm puhdistuluuku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm puhdistuluuku	3,0	4,0	3,0	10,0	3,3	0,3	0,7		
160mm puhdistuluuku	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Äänenvaimennin P=500mm-600mm									
100mm äänenvaimennin P=600mm	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm äänenvaimennin P=600mm	1,0	3,0	6,0	10,0	3,3	2,3	2,7		
160mm äänenvaimennin P=600mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Äänenvaimennin P=900m-1000mm									
100mm äänenvaimennin P=1000mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm äänenvaimennin P=1000mm	2,0	0,0	0,0	2,0	0,7	0,7	1,3		
160mm äänenvaimennin P=1000mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Säätöpelti									
100mm säätöpelti	0,0	1,0	0,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm säätöpelti	0,0	2,0	2,0	4,0	1,3	1,3	0,7		
160mm säätöpelti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Palopelti E-luokka									
100mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm palopelti E-luokka	2,0	0,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0		
160mm palopelti E-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Palopelti EI-luokka									
100mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm palopelti EI-luokka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Poistoilmaventtiili esim. KSO									
100mm poistoilmaventtiili esim. KSO	2,0	2,0	0,0	4,0	1,3	1,3	0,7		
125mm poistoilmaventtiili esim. KSO	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	0,0	0,0		
160mm poistoilmaventtiili esim. KSO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Poistoilmaventtiili esim. KSOS									
100mm poistoilmaventtiili sauna esim. KSOS	0,0	0,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,7		
125mm poistoilmaventtiili sauna esim. KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm poistoilmaventtiili sauna esim. KSOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili seinä STQA									
100mm tuloilmaventtiili seinä esim. STQA	3,0	0,0	2,0	5,0	1,7	1,7	1,3		
125mm tuloilmaventtiili seinä esim. STQA	0,0	3,0	1,0	4,0	1,3	1,3	1,7		
160mm tuloilmaventtiili seinä esim. STQA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili katto esim. KTS									
100mm tuloilmaventtiili katto esim. KTS	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	0,0	0,0		
125mm tuloilmaventtiili katto esim. KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm tuloilmaventtiili katto esim. KTS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS									
100mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
125mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
160mm tuloilmaventtiili Sauna esim. KTSS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
MIILUT YHTEENSÄ	15	18	18	51	17				
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	41,7	43,0	40,0	124,7	41,6	1,6	1,4	3,9	3,3

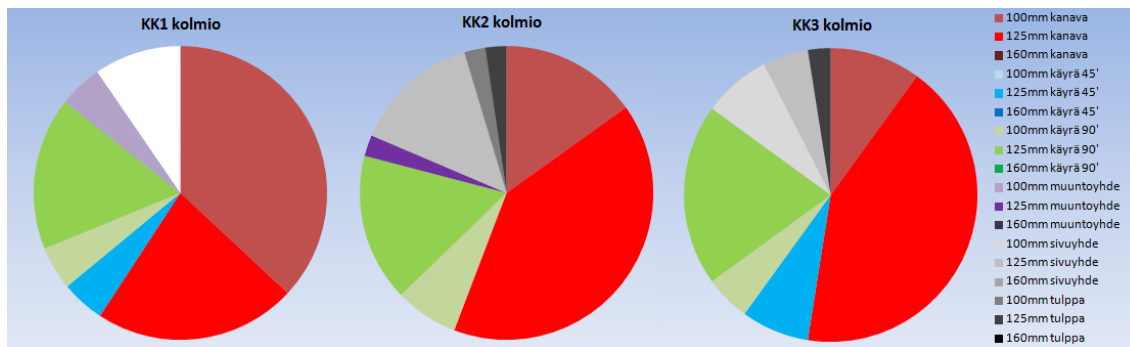
Keskuskoneellinen kolmio

Määrävertailu

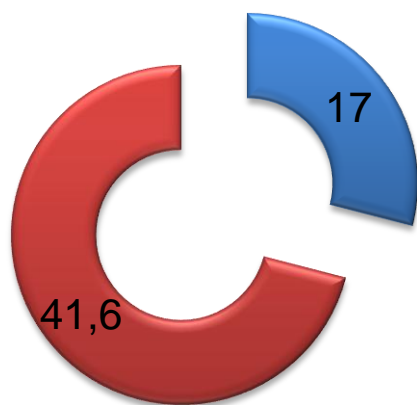
	KK1 kolmio	KK2 kolmio	KK3 kolmio	KESKIARVO	ERO PIENIMPÄÄN	ERO SUURIMPAAN	ERO PIENIMPÄÄN%	ERO SUURIMPAAN%
kanavat yhteensä (m)	24,7	24,0	21,0	23,2	2,2	1,5	10,6	5,9
Käyrät yhteensä (kpl)	11,0	10,0	13,0	11,3	1,3	1,7	13,3	12,8
Osat yhteensä (kpl)	6,0	9,0	6,0	7,0	1,0	2,0	16,7	22,2
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.	41,7	43,0	40,0	41,6	1,6	1,4	3,9	3,3







Keskitetyn järjestelmän kolmio referenssikohteiden keskiarvo



■ MUUT YHTEENSÄ

■ KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHT.

Vertailukohde

Kohteen nimi: Vertailukohde

Huoneistotyyppi	HK Yksiö	HK Kaksio	HK Kolmio	KK Yksiö	KK Kaksio	KK Kolmio
Asuntojen lukumäärä	0	0	0	5	33	30

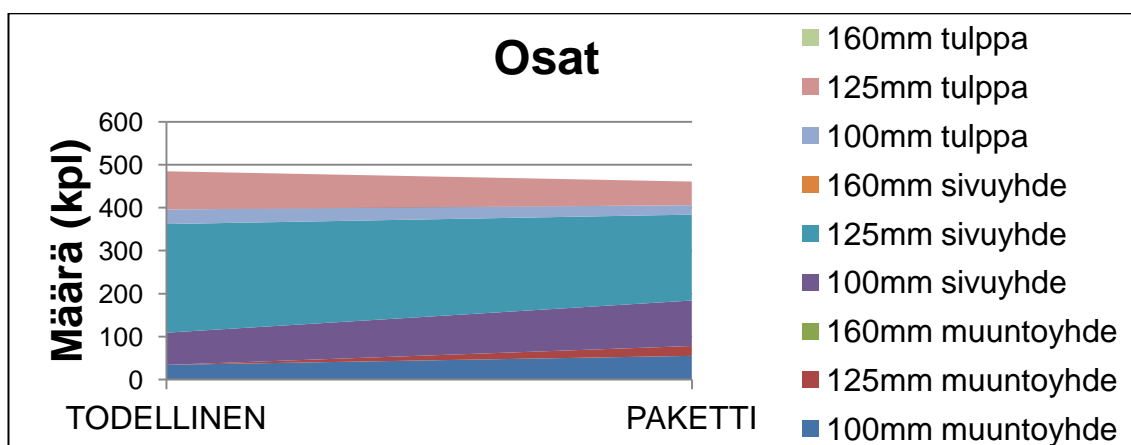
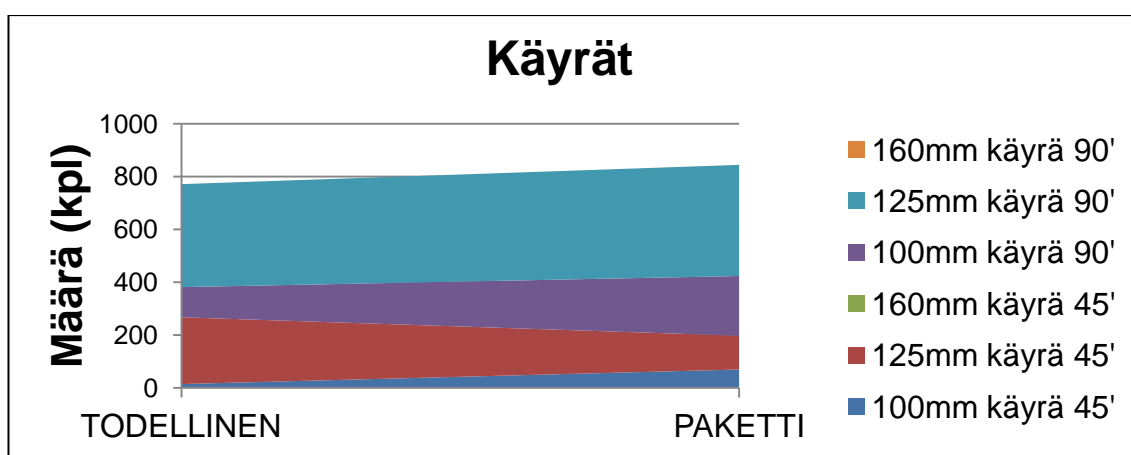
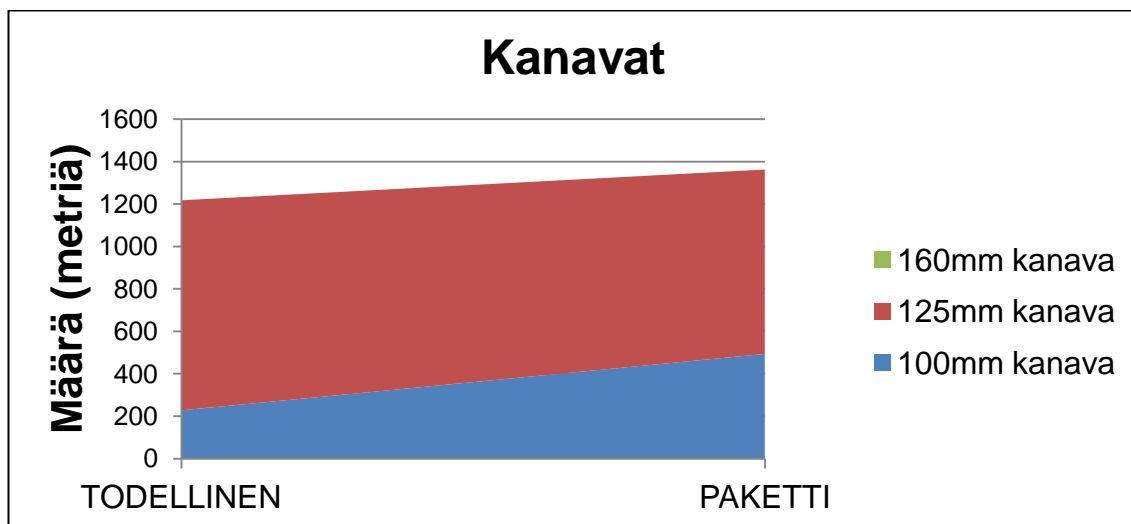
Vertailu todellisten määrien ja tuotepaketin välillä

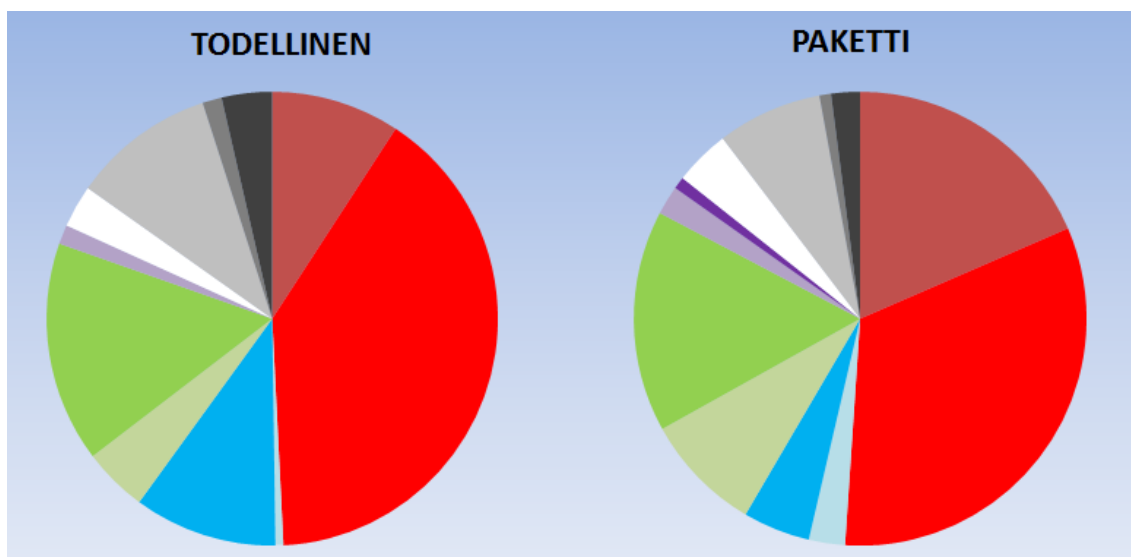
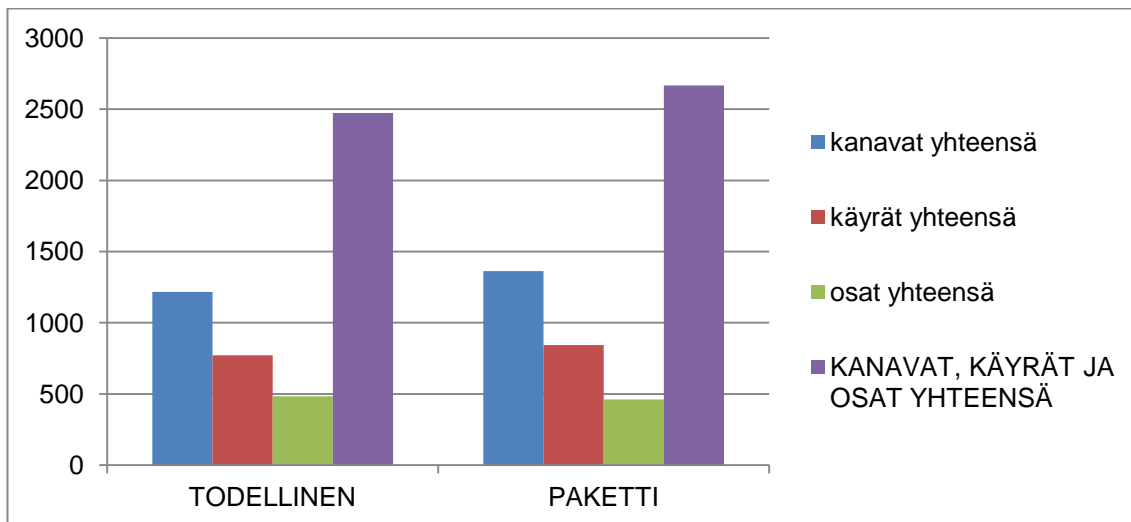
KANAVAT JA OSAT

	TODELLINEN	TUOTEPAKETTI	ERO (Kpl)	ERO %
100mm kanava	227	493	266	117,2
125mm kanava	990	869	-121	-12,2
160mm kanava				
kanavat yhteensä	1217	1362	145	11,9
100mm käyrä 45'	14	69	55	392,9
125mm käyrä 45'	253	128	-125	-49,4
160mm käyrä 45'				
100mm käyrä 90'	114	226	112	98,2
125mm käyrä 90'	390	421	31	7,9
160mm käyrä 90'				
käyrät yhteensä	771	844	73	9,5
100mm muuntoyhde	34	55	21	61,8
125mm muuntoyhde		23	23	
160mm muuntoyhde				
100mm sivuyhde	75	106	31	41,3
125mm sivuyhde	253	200	-53	-20,9
160mm sivuyhde				
100mm tulppa	34	22	-12	-35,3
125mm tulppa	89	55	-34	-38,2
160mm tulppa				
osat yhteensä	485	461	-24	-4,9

KOKONAISKAPPALEMÄÄRÄT

	TODELLINEN	TUOTEPAKETTI	ERO (Kpl)	ERO %
KANAVAT, KÄYRÄT JA OSAT YHTEENSÄ	2473	2667	194	7,8





- 100mm kanava
- 125mm kanava
- 160mm kanava
- 100mm käyrä 45°
- 125mm käyrä 45°
- 160mm käyrä 45°
- 100mm käyrä 90°
- 125mm käyrä 90°
- 160mm käyrä 90°
- 100mm muuntoyhde
- 125mm muuntoyhde
- 160mm muuntoyhde
- 100mm sivuyhde
- 125mm sivuyhde
- 160mm sivuyhde
- 100mm tulppa
- 125mm tulppa
- 160mm tulppa

Vertailukohde Laskentapaketin tuotemäärät suhteessa karsittuihin

