

**TILAUSVALMISTEISTEN  
ILMANVAIHDON SUORAKAIDEKA-  
NAVAOSIEN MITOITTAMISEN JA  
TILAAMISEN KEHITTÄMINEN**

Ville Pöntinen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2013  
Talotekniikan koulutusoh-  
jelma  
LVI-talotekniikan suuntau-  
tumisvaihtoehto

**TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma  
LVI-talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

PÖNTINEN, VILLE:

Tilausvalmisteisten ilmanvaihdon suorakaidekanavaosien mitoittamisen ja tilaamisen kehittäminen

Opinnäytetyö 47 sivua, joista liitteitä 14 sivua  
Toukokuu 2013

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää työkalu Kaihlaset Oy:n verstaalla valmistettavien ilmanvaihdon suorakaidekanavien ja -kanavaosien tilaamiseen ja työmaalla tapahtuvaan mitoittamiseen. Työssä kehitettiin Excel-pohjainen tilauslomake, jossa on määritetty vaadittavat mittatiedot ja neuvottu eristemateriaalin ja eri liitostapojen valinnassa. Tilauslomakkeen avulla verstaalla voidaan valmistaa halutut osat ilman mitoituskäytäntöjen eroista johtuvia tulkintaongelmia. Osana opinnäytetyötä laadittiin myös suuntaa antava taulukko, jonka perusteella voidaan valita suorakaidekanavalle sopiva otsapinta-ala kanavassa kulkevan ilmamäärän ja halutun virtausnopeuden perusteella.

Mitoitus- ja tilausohjeistuksen lisäksi työssä käsiteltiin ilmanvaihdon suunnittelun perusteita ja suunnittelun lähtökohtia. Siihen kuuluivat suunnittelun lähtökohdat, eri suunnitteluvaiheiden keskeiset tehtävät ja ilmanvaihdon suunnitteluun vaikuttavien laskelmien perusteet. Tämän tarkoituksena oli antaa työmaalla työskenteleville asentajille jonkinlainen näkemys, mitä ilmanvaihdon suunnitteluun kuuluu ja kuinka eri asiat vaikuttavat lopputulokseen. Jouduttaessa poikkeamaan suunnitelmista ja käyttämään tilausvalmisteisia osia, on tärkeää tietää kuinka muutokset voivat vaikuttaa lopputulokseen.

Opinnäytetyön lopputuloksena saadut lomakkeet ja mitoitusohjeet ovat käyttökelpoisia etenkin työmaaolosuhteissa, joissa on käytössä varsin rajallisesti lähdemateriaalia. Mitoitusohjeet helpottavat myös osien valmistajan työtaakkaa, koska kaikki tarvittavat tiedot on huomioitu tilauslomakkeissa.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Service Engineering  
Option of HVAC Services

PÖNTINEN, VILLE

Developing of Dimensioning and Ordering of Workshop Produced Rectangle  
Ventilation Duct

Bachelor's thesis 47 pages, appendices 14 pages  
May 2013

---

The purpose of this thesis was to make a useful tool for dimensioning and ordering of rectangle ventilation ducts. The tool is intended to be used in the workshop of Kaihlaset Ltd. As a part of the thesis I developed Excel- based forms that can be used as a guide while sizing rectangle ventilation ducts. The thesis also includes directions how to choose suitable insulations and duct joints.

A part of my work was to make a table of duct area, flow rate and volume flow of air in the duct. The table can be used as a guide while sizing ducts. The suitable size of duct prevents many flow technique problems such as excessive volume, pressure drop and strong air draught.

The steps of ventilation planning are also explained in the thesis. It is important to know something about planning and calculations of flow technique before dimensioning ducts. The short overview about planning is intended to installers who work on building sites.

---

Key words: rectangle duct, dimensioning, air flow rate

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	ILMANVAIHTO.....	8
2.1	Ilmanvaihdon tarkoitus .....	8
2.2	Huoneilman lämpöolot .....	8
2.3	Huoneilman epäpuhtaudet .....	9
2.4	Huoneilman kosteus.....	10
2.5	Ilmanvaihdon ääniteknikka.....	11
3	ILMANVAIHDON SUUNNITTELU.....	15
3.1	Suunnittelun vaiheet .....	15
3.1.1	Tarveselvitysvaihe.....	15
3.1.2	Hankesuunnitteluvaihe.....	15
3.1.3	Luonnossuunnittelu .....	16
3.1.4	Toteutussuunnittelu .....	17
3.1.5	Rakennusaikainen suunnittelu.....	17
3.2	Kanaviston määrittäminen .....	18
3.2.1	Ilmamäärien määrittäminen .....	19
3.2.2	Painehäviöiden laskeminen.....	21
3.2.3	Materiaalin valinta .....	23
3.2.4	Eristeen valinta.....	24
4	TILAUSOSIEN VALMISTUS .....	27
4.1	Tilausosien tarpeellisuus.....	27
4.2	Osien valmistuksen vaiheet .....	28
4.3	Mitoituksessa ja tilauksessa esiintyviä ongelmia.....	29
	Työkalu ongelmien korjaamiseen .....	30
5	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET.....	33
	LIITTEET .....	34
	Liite 1. Ohjeistus suorakaidekanavien- ja osien mitoittamiseen .....	34
	Liite 2. Ohjetaulukko kanavan poikkipinta-alan valintaan .....	37
	Liite 3. Tilauslomake: Muuntoyhde kantti-kantti.....	38
	Liite 4. Tilauslomake: Muuntoyhde kantti-pyöreä.....	39
	Liite 5. Tilauslomake: Kulmayhteet .....	40
	Liite 6. Tilauslomake: Laatikko & pelti pyöreällä kanavalähdöllä .....	41
	Liite 7. Tilauslomake: U- ja L-listat.....	42
	Liite 8. Tilauslomake: Suorakaidekanava .....	43
	Liite 9. Tilauslomake: Lähtökaulus pyöreä-kantti & tasolähtö kantti-kantti .....	44

Liite 10. Tilauslomake: L-kappale .....	45
Liite 11. Tilauslomake: Palkin alitus.....	46
Liite 12. Tilauslomake: S-heitto .....	47

**LYHENTEET JA TERMIT**

A-painotus	kuvaa äänenvoimakkuutta tavalla, jolla ihminen sen kuulee
kitkavastus	virtausvastus, joka on riippuvainen virtaavasta aineesta ja putken sisäpinnan karheudesta
kertavastus	virtausvastus, joka johtuu putken osan muodosta
RakMK	Suomen rakentamismääräyskokoelma
painehäviö	kuvaa, kuinka paljon painetta vaaditaan, että haluttu tilavuusvirta ja virtausnopeus putkessa saavutetaan
iv-suunnitelma	ilmanvaihdon taso- ja leikkauskuva
HTP-arvo	epäpuhtauksien haitallisiksi tunnetut pitoisuudet
IV	ilmanvaihto
LVI	lämmitys, vesijohto ja ilmanvaihto
detaljipiirustus	yksityiskohtainen piirustus
kvr-urakka	kokonaisvastuu-urakka, jossa urakoitsija hoitaa suunnittelun ja rakentamisen
huuva	ilmanvaihdon kohdepoistossa käytetty pääte-elin
rasvakanava	ammattikeittiöiden paloturvallisuudeltaan ja puhdistettavuudeltaan vaativien kohdepoistojen poistoilmakanava.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää Kaihlasen Oy:lle käytännöllinen mitoitus- ja tilauslomake, jonka avulla voidaan valmistaa tilausvalmisteisia suorakaidekanavia ja -kanavaosia. Uuden mitoitus- ja tilauslomakkeen tarkoituksena on helpottaa työmaalla suoritettavia osamitoituksia ja luoda yhtenäinen tapa, jolla asentajat ja projektihoitajat saavat tilattua verstaalta mittavalmisteisia kanavia ja osia joko itse mitoittamalla tai ta-sokuvista massoittelemalla.

Ilmanvaihtoalalla toimii tällä hetkellä paljon asentajia ja työnjohtoa, jolloin mitoituskäytännötkin saattavat vaihdella merkittävästi. Yhtenäisellä käytännöllä kyetään pienentämään tulkintavirheistä johtuvia materiaalihävikkejä huomattavasti. Tilauslomakkeen avulla voidaan helpottaa osien valmistusta, toimitusta ja laskutusta.

Opinnäytetyössä käydään läpi myös ilmanvaihdon suunnittelun perusteita ja yleisimpiä kanavoinneissa huomioon otettavia asioita. Kanavanosien oikea mitoitus on hankalaa ilman riittäviä tietoja ilmastoinnin suunnittelusta. Projektihoitajalle ja asentajalle tulee monesti eteen tilanteita, joissa ei voida noudattaa laadittuja IV-suunnitelmia, vaan joudutaan turvautumaan työmaalla suoritettaviin mitoituksiin. Tällöin on tärkeä hallita kanavointisuunnittelun perusteita, jotta voidaan tilata sopivia kanavaosia.

Opinnäytetyön tuloksena saatua mitoitus- ja tilauslomaketta voidaan käyttää sekä työmaaympäristössä että laskettaessa kanavaosia suunnitelmista. Lomakkeen avulla voidaan myös helpottaa tilausvalmisteisten osien tarjouspyyntöjen laatimista. Työkalua ei voi hyödyntää kanavan painehäviöiden tai ilmamäärien mitoituksessa.

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Kaihlasen Oy:n kanssa. Kaihlasen Oy on tamperelainen LVI-urakointiin keskittynyt yritys, joka toimii pääasiassa ilmanvaihtourakoinnin parissa.

## 2 ILMANVAIHTO

### 2.1 Ilmanvaihdon tarkoitus

Ilmanvaihdon tarkoituksena on turvata terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilma. Sisäilman laatuun vaikuttavat epäpuhtaudet, kosteus ja lämpötila. Ilmanvaihdolla pyritään pitämään nämä tekijät haluttujen raja-arvojen sisällä, jolloin saadaan luotua miellyttävät olosuhteen rakennukseen.

Sopivalla ilmanvaihdolla vaikutetaan myös rakenteiden terveenä pysymiseen. Kosteus, jota syntyy monesta eri lähteestä, aiheuttaa ongelmia päästessään rakenteiden sisälle. Tätä ongelmaa pyritään vähentämään riittävällä ilmastoinnilla muiden keinojen lisäksi.

### 2.2 Huoneilman lämpöolot

Huoneilman oikea lämpötila on tärkeä osa ilmastointisuunnittelua. Väärät lämpöolosuhteet voivat aiheuttaa terveydellisiä ongelmia, vähentävät viihtyvyyden tunnetta sekä heikentävät työskentelytehokkuutta. Lämpötilan tuntemuksessa esiintyy henkilökohtaisia eroja, jotka voivat johtua mm. fysiologisista eroista, aineenvaihdunnasta ja pukeutumisesta. Tästä syystä joskus puhutaan optimilämpötilasta, joka tarkoittaa lämpötilaa, johon suurin osa tilan käyttäjistä on tyytyväinen. Optimilämpötila saatetaan myös ilmaista operatiivisena lämpötilana, jossa on otettu sisäilman lämpötilan lisäksi huomioon rakennuksen sisäiset ja ulkoiset lämpökuormat. (Seppänen, 2004 s.1-2)

Sisäilman lämpötiloille on Suomen rakentamismääräyskokoelma D2:ssa annettu suunnitteluarvot, jotka ovat raja-arvoja. Rakentamismääräyskokoelmassa annetut lämpötilat ovat huoneilman oleskeluvyöhykkeen lämpötiloja. Jos huoneessa on paljon pintoja, joiden lämpötila poikkeaa huoneilman lämpötilasta, käytetään huoneilman operatiivista lämpötilaa, jossa pintojen poikkeavat lämpötilat on otettu huomioon. Rakentamismääräyskokoelman mukaan voidaan suunnittelun arvoina pitää lämmityskaudella 21 °C ja kesäaikana 23 °C. Lämmityskaudella voi lämpötila poiketa 1 °C huonetilan keskeltä, 1,1 m:n korkeudelta mitattuna. Huoneilman lämpötila ei yleisesti ottaen saa ylittää

25 °C, mutta ulkoilman keskilämpötilan ylittäessä 20 °C viiden tunnin jakson ajan, voidaan tästä lämpötilasta poiketa 5 °C. Tilan käyttötavan mukaan voidaan suunnitteluarvoista poiketa, jolloin arvot ovat taulukon 1 mukaiset. (RakMK D2, 2012 s.3, 6)

TAULUKKO 1: Tilakohtaisia lämpötilan raja-arvoja lämmityskaudella

Tila	Huoneilman lämpötilat °C
Porrashuone	17
Kylpyhuone, pesuhuone	22
Kuivaushuone	24
Myymälätilat	18
Myymälän kiinteä työpiste	21
Liikuntahalli	18
Kirkkosali	18
Tehdashalli, keskiraskas työ	17
Autokorjaamo, katsastustilat	17
Hissikuilu	17

### 2.3 Huoneilman epäpuhtaudet

Ilman epäpuhtauksien hallinta on tärkeää huoneen viihtyvyyden ja terveydellisten seikkojen kannalta. Epäpuhtauksien poistamisessa tulisi ensisijaisesti keskittyä epäpuhtauksien synnyn torjuntaan, sillä ilmanvaihdolla suoritettava poisto ei ole taloudellisesti järkevää, eikä myöskään täysin luotettavaa. (Seppänen, 2004 s.20)

Huoneilman epäpuhtauksia syntyy ihmisen toimesta, kulkeutuu rakenteista, ulkoa ja maaperästä. Myös osa sisustusmateriaaleista aiheuttaa välillisesti epäpuhtauksien muodostumista. Esimerkiksi kokolattiamatot keräävät likaa, joka kuivuessaan alkaa pölytä. Tupakansavu imeytyy pintamateriaaleihin, jotka voivat alkaa pitkänkin ajan päästä haisemaan voimakkaasti. (Seppänen, 2004 s.20)

Rakentamismääräyskokoelma D2 on antanut suunnitteluun raja-arvoja eri epäpuhtauksien määrälle rakennuksen sisäilmassa. Hiilidioksidin pitoisuus normaaleissa sääolosuh-

teissa käyttöaikana tulisi olla korkeintaan 1200 mg/m<sup>3</sup> (1200 ppm). Muille epäpuhtauksille on raja-arvot taulukon 2 mukaisesti. (RakMK D2, 2012 s.7)

TAULUKKO 2: Sisäilman epäpuhtauksien enimmäisarvot

Epäpuhtaus	Yksikkö	Enimmäisarvo
Ammoniakki ja amiinit	µg/m <sup>3</sup>	20
Asbesti	kuitua/cm <sup>3</sup>	0
Formeldahydi	µg/m <sup>3</sup>	50
Hiilimonoksidi	mg/m <sup>3</sup>	8
Hiukkaset PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	50
Radon	Bq/m <sup>3</sup>	200 (vuosikeskiarvo)
Styreeni	µg/m <sup>3</sup>	1

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö on asettanut raja-arvot työpaikkojen HTP- arvoille. Raja-arvojen tarkoituksena on estää työntekijöiden altistuminen haitallisille epäpuhtauksille. (HTP-arvot 2012... 2012)

#### 2.4 Huoneilman kosteus

Huoneilman kosteus tulee olla rakennuksen käyttötarkoituksen mukainen, eikä kosteus saa olla jatkuvasti haitallisen korkea. Kosteus ei myöskään saa tiivistyä rakenteisiin ja aiheuttaa tällä tavalla haittaa rakennuksen turvallisuudelle ja terveelle sisäilmalle. Huoneilman vesisisällön ylittäessä 7g/kg kuivaa ilmaa, tulee ilman kostuttamiselle olla painavat perusteet. Kyseisellä vesisisällöllä ilman suhteellinen kosteus 21 °C:ssa normaali-paineessa on noin 45 %. (RakMk D2, 2012 s.6)

Liian korkea ilmankosteus lisää bakteerien, sienien, pölypunkkien, allergioiden ja rakennusmateriaalien emissioiden muodostumista. Liian kuiva sisäilma lisää bakteerien, allergioiden, virusten, hengitystie-infektioiden ja pölyn muodostumista. (Seppänen, 2008 s.24) Lämmityskaudella sisäilman suhteellisen kosteuden optimiarvoina pidetään 25–45 %, kesällä kosteus saattaa nousta ulkoilman olosuhteiden takia jopa 60 %. (Terveellisen asunnon..., s.2)

## 2.5 Ilmanvaihdon äänitekniikka

Rakennus tulee suunnitella ja rakentaa niin, että siellä tai ympäristössä oleville ei aiheudu terveydellistä vaaraa ja ääniolosuhteet antavat mahdollisuuden kunnolliseen nukkumiseen, työskentelyyn ja lepäämiseen (RakMK C1, 1998 s.3). Rakennus tulee olla ääniolosuhteiltaan sellainen, ettei sen viihtyvyys kärsi (RakMK D2, 2012 s.8). Majoitus-, potilas-, luokka- ja toimistohuoneiden sekä lasten lepo huoneiden tai vastaavien tilojen äänitekniikka ja meluntorjunta on suunniteltava ja rakennettava niin, että niiden toimintaan liittyvät olosuhteet voidaan saavuttaa. Erityishoito- ja erityisopetustilojen meluntorjunta suunnitellaan ja toteutetaan tapauskohtaisesti tiloissa tapahtuvan toiminnan perusteella. (RakMK C1, 1998 s.6)

Rakennuksen LVI-laitteiden aiheuttama keskiäänitaso  $L_{A,eq,T}$  ei saa saman tai läheisen rakennuksen ikkunan ulkopuolella, parvekkeella, pihamaalla tai muualla asuinalueella tai ääniherkällä alueella ylittää 45dB (RakMK C1, 1998 s.7).

Rakentamismääräyskokoelma D2 antaa ohjearvoja rakennuksen äänitasoille tilan käyttötarkoituksen mukaan. Ohjeistuksessa on maksimi arvot sekä A-taajuuspainotetulle keskiäänitasolle  $L_{A,eq,T}$  sekä enimmäisäänitasolle  $L_{A,max}$ . Taulukossa 3 on esitetty esimerkki RakMK D2:n äänitasojen ohjearvoista. Taulukon lihavoidut arvot ovat RakMK C1:n ohjeiden mukaisia äänitasoja. (RakMK D2, 2012 s.24–25)

TAULUKKO 3: RakMK D2:n mukaiset ääniarvot toimistorakennukselle

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Äänitaso L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Toimistohuone ja vastaavat tilat	8	1,5	0,35	33 / 38 *	0,20 / 0,30	*C1 ohje
Neuvotteluhuone		4		33 / 38	0,20 / 0,30	#3
Asiakastila		2		38 / 43	0,30 / 0,40	#2,
Käytävätila		0,5		38 / 43	0,30	#2,
Kahvio, taukotila		5		38 / 43	0,25	
Arkisto, varasto						
Tupakointitila: – rakennuksen käyttöaikana – rakennuksen käyttöajan ulkopuolella					20 10	38 / 43
Kopiointihuone	1		4			
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.					
#2	Kiinteiden työpisteiden ilman nopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.					
#3	Jos rakennuksessa on kolme tai useampia neuvotteluhuoneita, on niiden ilmanvaihto oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.					
#4	Tupakointitilan on aina oltava alipaineinen ympäröiviin tiloihin nähden.					

Laskettaessa tilalle LVI-laitteiden aiheuttamaa äänitasoa tulee laskuissa ottaa huomioon kaikkien laitteiden aiheuttama yhteisääni. Se saadaan laskettua kaavalla (1). (RakMK D2, 2012 s.24)

$$L_{Atot} = 10 \lg \left( 10^{\frac{L_{A1}}{10}} + 10^{\frac{L_{A2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{An}}{10}} \right), \text{ jossa} \quad (1)$$

$L_{Atot}$  = Laitteiden äänitaso yhteensä

$L_{A1} \dots L_{An}$  = Yksittäisen laitteen aiheuttama äänitaso

Ilmanvaihtojärjestelmän eri osien synnyttämät äänitasot saadaan laitevalmistajien taulukoista ja diagrammeista. Taulukoissa 4 ja 5 on annettu esimerkkinä Swegon Casa R120:n tulo- ja poistoilmakoneen äänitekniset tiedot. (Swegon Casa R120)

TAULUKKO 4: Swegon Casa R120:n äänitasot tuloilmakanavaan

Puhaltimen säätö %	Äänitehotaso oktaavikaistoittain, $L_{w_{okt}}$ dB								Painotettu äänitehotaso $L_{WA}$ , dB(A)
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
54	67	60	55	50	48	42	36	22	54
57	67	63	57	52	51	45	39	27	56
60	67	63	58	53	52	46	41	29	57
63	67	65	60	54	53	48	43	32	58
67	71	66	61	56	55	50	45	35	60
71	72	68	62	57	56	52	46	36	61
76	74	70	64	59	57	54	48	38	63
81	75	71	65	59	57	54	48	40	64
87	77	73	67	61	59	56	50	42	65
100	78	75	69	63	60	58	52	44	67

TAULUKKO 5: Swegon Casa R120:n äänitasot ympäristöön

Puhaltimen säätö %	Äänitehotaso oktaavikaistoittain, $L_{w_{okt}}$ dB								Painotettu äänitehotaso $L_{WA}$ , dB(A)	Äänenabsorptio $L_{p10(a)}$ 10 m <sup>2</sup> , dB(A)
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz		
54	44	46	37	28	23	12	-	-	30	26
57	46	46	38	29	24	13	-	-	35	31
60	46	46	39	30	25	14	-	-	35	31
63	44	47	40	30	26	14	-	-	36	35
67	45	47	42	33	28	17	-	-	37	33
71	44	48	43	34	29	19	10	-	38	34
76	46	49	44	34	29	20	11	-	39	35
81	47	50	45	36	32	21	12	-	40	36
87	49	52	46	37	33	22	14	-	42	38
100	51	54	48	39	34	24	15	-	43	39

Päätelaitteille ja säätölaitteille valmistajat antavat yleensä diagrammin, jossa A-painotetulle äänitasolle on annettu arvo  $L_{p10A}$ , joka tarkoittaa äänen tasoa huoneessa, jossa tilan absorptio on 10 m<sup>2</sup>. Lisäksi annetaan oktaavikaistakohtainen korjauskerroin, jonka avulla saadaan laskettua äänen tehotasot oktaavikaistoittain.

Kokonaisäänitasoa laskettaessa otetaan huomioon kanaviston äänihäviöt, äänenvaimentimien aiheuttamat äänihäviöt, huoneen materiaalin aiheuttamat äänihäviöt, äänilähteen ja mittauspisteen välimatkasta johtuvat äänihäviöt sekä ilmanvaihtojärjestelmän eri osien aiheuttamat äänitehot. Kanavakoon vaikutus äänen syntymiseen on syytä ottaa huomioon, sillä mitä suurempi virtausnopeus kanavassa on, sen kovempi ääni siitä syntyy. Suunnittelussa tulee olla tarkkana etenkin puhaltimien mitoituksessa, sillä liian pieneksi

mitoitettua puhallinta joudutaan pyörittämään liian suurilla kierroksilla, jolloin ääniongelmat lisääntyvät.

Äänilaskelmat ovat aina tapauskohtaisia ja riippuvat LVI-laitteiden lisäksi rakennusteknisistä asioista. Äänilaskelmien täydellinen huomioonottaminen työmaaolosuhteissa on käytännössä mahdotonta. Urakointivaiheessa riittävää on, kun tunnistaa, mistä kaikesta ääntä syntyy ja pystyy hahmottamaan suurimpien äänilähteiden, kuten IV-koneiden ja päätelaitteiden aiheuttamien äänitasojen kokoluokan.

### **3 ILMANVAIHDON SUUNNITTELU**

#### **3.1 Suunnittelun vaiheet**

##### **3.1.1 Tarveselvitysvaihe**

Tarveselvitysvaiheessa rakennuttaja selvittää hankkeen tarpeellisuuden ja arvioi sen toteutuksen mahdollisuuden. Tarveselvitysvaiheessa keskeinen kysymys on, kannattaako hankkeeseen ryhtyä vai voidaanko sopivaan lopputulokseen päästä jollain toisella tavalla.

##### **3.1.2 Hankesuunnitteluvaihe**

Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään hankkeelle laatutasovaatimukset, kustannustaso, hankkeen laajuus ja aikataulusuunnitelma. Hankesuunnitelmissa käyvät ilmi myös rakennuspaikka ja ympäristötekijät. (Seppänen, 2004 s.303)

Ilmanvaihtosuunnittelijan tehtäviä hankesuunnitteluvaiheessa ovat rakennuskohteesta riippuen:

- Määrittää tilantarve esimerkiksi konehuoneille ja horneille
- Määrittää sisäilmastoluokka
- Selvittää ympäristöstä tulevat meluhaitat ja rakennuksen aiheuttamat meluhaitat ympäristöön
- Selvittää ympäristöön vaikuttavat muut tekijät, kuten ulko- ja jäteilmän aukkojen sijoittelu
- Vertailla eri massoittelevaihtoehtoja LVI-tavoitteiden kannalta
- Selvittää mahdolliset kunnallistekniset seikat
- Selvittää rakennusprojektin luonteesta johtuvat rajoitukset esimerkiksi kanava-reittien ja tilantarpeiden kannalta
- Selvittää IV-laitteiden käyttöön liittyvät asiat
- Selvittää, kuinka vaiheittainen rakentaminen vaikuttaa ilmanvaihtourakointiin ja suunnitelmiin

- Arvioida kustannustaso sekä rakentamiselle että käyttämislle (Seppänen, 2004 s.304–305)

### 3.1.3 Luonnossuunnittelu

Luonnossuunnitteluvaiheessa määritetään tavoitetasojen perusteella tiloihin tarvittavat ilmamäärät ja laaditaan eri toteutusvaihtoehtoja. Laadituista vaihtoehdoista valitaan yksi toteutustapa, jota lähdetään työstämään.

Kun haluttu toteutustapa on saatu valittua, täydennetään alustavia tilankäytönvarauksia, konehuoneen mitoituksia, putkireittejä sekä tarkistetaan huonekohtaisten laitteiden ominaisuudet.

Luonnossuunnittelussa edetään hankintasuunnitteluvaiheen järjestelmäkohtaiselta tasolta suunnittelemaan tilakohtaisia suunnitelmia. Tässä vaiheessa valitaan päätelaitteiden sijainnit, kanavien kulkureitit tiloissa, selvitetään mahdolliset risteilykohdat muiden järjestelmien kanssa ja lasketaan tilakohtainen jäähdytyksen tarve, jos jäähdytys hoidetaan ilmanvaihdolla.

Luonnossuunnitteluvaiheessa laaditaan seuraavat asiakirjat:

- Taso-, leikkaus- ja detaljipiirustukset
- Asemapiirustukset
- Rakennustapaselostus
- Laiteluettelo
- Järjestelmä- ja säätökaaviot
- Kuormitus- ja energiankulutuslaskelmat
- Laaditaan mahdollinen kustannusarvio hankinta- ja käyttökustannuksista
- Laaditaan yhteenveto tarvittavista lisäselvityksistä jatkosuunnittelua varten

(Seppänen, 2004 s.305–306)

### 3.1.4 Toteutussuunnittelu

Eri urakkamuodoista riippuen toteutussuunnitteluvaiheen sisältö saattaa vaihdella. Perinteisesti toteutussuunnitteluvaiheessa laaditaan lopulliset suunnitteluasiakirjat ja hankintasopimukset tehdään näiden asiakirjojen perusteella. Projektinhuolto -, kvr- ja tavoitehintaurakoissa on suunnitteluasiakirjojen laadintaa alettu hajauttaa eri suunnitteluvaiheisiin, jolloin esimerkiksi osa hankintasopimuksista saatetaan tehdä jo ennen toteutussuunnitelmia.

Lopulliset ilmanvaihtosuunnitelmat pitävät sisällään vähintään seuraavat asiakirjat:

- Työselostus ja urakkarajaliite
- Laitteiden toiminta- ja säätökaaviot
- Laiteluettelo
- Leikkaus- ja tasokuvat
- Käyttö- ja huolto-ohjeet

(Seppänen, 2004 s.306–307)

Lopullisten ilmanvaihtosuunnitelmien ja suunnitteluasiakirjojen tulisi olla niin tarkkoja, että niiden perusteella saadaan selville eri urakoitsijoiden työ- ja hankintavelvoitteet, voidaan laatia urakkatarjous ja suorittaa varsinainen asennustyö, voidaan suorittaa tarvittavat kytkentä- ja säätötoimenpiteet. Asiakirjojen tulee olla tarkkoja myös siksi, että käyttäjä kykenee perehdytyksen saatuaan käyttämään ja hoitamaan järjestelmän huolto- toimenpiteet.

### 3.1.5 Rakennusaikainen suunnittelu

Rakennusaikaisessa suunnittelussa suunnittelija ja urakoitsija tekevät yhteistyötä, jonka avulla varsinainen asennustyö ja loppusuunnitelmien laatiminen onnistuu. Rakentamisen aikana tulee usein muutoksia alkuperäisiin suunnitelmiin esimerkiksi tilamuutosten, tilojen käyttötapamuutosten, kanavareittien muutosten ja saneerauskohteissa odottamattomien yllätysten takia. Muutokset lisääntyvät etenkin saneerauskohteissa, joissa käytössä olevat lähtötiedot vanhoista rakenteista ja järjestelmistä saattavat olla puutteellisia.

Rakentamisen aikaisista suunnitelmamuutoksista ja poikkeavista asennustoista tulisi piirtää ns. ”punakynäsuunnitelma”, johon merkitään poikkeamat ja uudet kanavareitit. Näiden kuvien avulla suunnittelijat saavat laadittua loppukuvat, joissa järjestelmät on piirretty juuri niin, kuin ne oikeasti menevät.

### 3.2 Kanaviston määrittäminen

- Tilaan määritellään tarvittavat ilmamäärät, valitaan pääte-elimet, pääte-elinten lukumäärä sekä sijainnit.
- Valitaan kytkentäkanavien koot tilojen ilmamäärien mukaan. Kytkeväkanavan koko tulee valita niin, ettei virtausnopeus kanavassa kasva liian suureksi. Tällä tavalla pyritään estämään liiallisen äänen syntymistä kanavassa, vähentämällä painehäviötä pääte-elimellä, sekä estämään vedon tunnetta huoneilmassa.
- Haara- ja runkokanavien koot valitaan tarvittavien ilmamäärien mukaan. Haara- ja runkokanavissa tulee ottaa huomioon, ettei virtausnopeus kasva liian suureksi aiheuttamaan ääniongelmia.
- Kanavien sijainnit valitaan arkkitehtikuviin sekä rakennekuviin sopiviksi. Kanavien sijaintia suunnitellessa tulisi suorittaa törmäystarkastelu muiden suunnittelijoiden kanssa. Tällä tavalla voidaan vähentää tilantarpeesta johtuvia ongelmia asennusvaiheessa.
- Kun kanavat on mitoitettu, lasketaan kanaviston painehäviöt ja tarkastellaan eri kanavahaarojen painehäviöitä.
- Puhaltimen painehäviö määräytyy vaikeimman kanavalinjan mukaan. Muiden kanavahaarojen painehäviöt pyritään saamaan samaan tasoon vaikeimman linjan kanssa. Tarvittaessa muihin linjoihin lisätään säätöpeltejä tai muutetaan kanavareittejä.
- Kanaviston paloturvallisuuden vaatimukset tarkastetaan ja tarvittaessa valitaan paloeristeet ja palopellit.
- Valitun puhaltimen ja ilmavirran aiheuttamat äänitekijät lasketaan ja suunnitellaan tarvittavat äänieristykset ja äänenvaimentimet.
- Kanaviston materiaali valitaan käyttötarpeen mukaan. Pääsääntöisesti kanavissa käytetään sinkittyä terästä, mutta erikoistapauksissa saatetaan käyttää esimerkiksi alumiinia, ruostumatonta terästä, haponkestävää terästä ja etenkin pientaloissa

muovia. Paloturvallisuuden ja puhdistettavuuden kannalta haastavissa kohteissa käytetään normaalia paksumpaa kanavamateriaalia.

(Seppänen, 1996 s.104)

### 3.2.1 Ilmamäärien määrittäminen

Ilmamäärät määritellään tilakohtaisesti käyttäen hyväksi Rakentamismääräyskokoelma D2:sta, Sisäilmastoluokitus 2008-ohjetta tai muita ohjeita, kuten LVI-kortistoa. Rakentamismääräyskokoelma antaa osalle tiloista vaaditut minimi-ilmavirrat ja rakennukselle vaaditun ilmanvaihtuvuusluvun. Sisäilmastoluokitus 2008 antaa suunnitteluarvot tilan eri laatuluokituksilla. Kuviossa 1 on esitetty esimerkki Sisäilmastoluokitus 2008:n il-mavirtataulukosta

*Taulukko 2.4.3. Ulkoilmavirtojen normaalin käyttötilanteen mitoitusarvot tiloissa, jotka täyttävät erittäin vähäpäästöisen rakennuksen kriteerit. Huonelämpötilan hallinta tai varautuminen muuntojoustoön saattavat edellyttää suurempia ilmavirtoja.*

Tila	Lattia-ala m <sup>2</sup> /hlö	S1-luokka		S2-luokka		S3-luokka/D2	
		dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö	dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö	dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö
Toimitila, normaali tilatehokkuus	12	16	1,5	13	1,5		1,5
Toimitila, suuri tilatehokkuus	8	14	2,0	11	1,5		1,5
Neuvotteluhuone	3	12	4,0	9	4,0	8	4,0
Taukotila, kahvio	1,5	11	7,0	8	5,0		5,0
Hotellihuone	10	15	1,5	12	1,0	10	1,0
Käytävä ja porrashuone			1		0,5		0,5
Hissikuilu			8		8		8
Luokkahuone	2	11	5,5	8	4,0	6	3,0
Luentosali	1	11	10,5	8	7,5	6	6,0
Käytävä, aula koulussa	2	11	5,5	8	4,0		4,0
Aula	6	13	2,0	10	2,0		2,0
Päiväkoti	3	12	4,0	9	2,5	6	2,5
Päiväkodin märkäeteinen (poisto)			5		5		5

KUVIO 1: Sisäilmastoluokitus 2008, esimerkkitaulukko (Sisäilmastoluokitus 2008, 2008 s.14)

Käyttökohteesta riippuen kaikille tiloille ja rakennuksille ei voida käyttää suoraan D2:n tai Sisäilmastoluokituksen antamia ilmavirta-arvoja. Osassa kohteista sisäilmaston epäpuhtaudet, lämpökuormat tai kosteustekijät määrittävät vaadittavan ilmanvaihtotarpeen. Esimerkiksi uimahallin allastilan ilmavirtatarpeet joudutaan laskemaan LVI-kortin perusteella käyttäen mitoittavana tekijänä altaasta haihtuvan kosteuden määrää.

Käytettäessä ilmanvaihtoa rakennuksen jäähdytykseen, täytyy tarvittava tuloilman ilmavirta laskea rakennuksen sisäisten ja ulkoisten lämpökuormien, sekä tuloilman ja sisäilman lämpötilaeron perusteella. Tarvittava ilmavirta voidaan laskea kaavalla (2). (IVprodukt, s.3)

$$q_v = I_k / (\Delta T \times 1,2), \text{ jossa} \quad (2)$$

$q_v$  = tuloilman ilmavirta  $\text{m}^3/\text{s}$

$I_k$  = rakennuksen sisäinen lämpökuorma kW

$\Delta T$  = alilämpö, eli huoneilman ja tuloilman välinen lämpötilaero  $^{\circ}\text{C}$

1,2 = ilman tiheys normaalioloissa  $\text{kg}/\text{m}^3$

Laskettaessa rakennuksen sisäisiä lämpökuormia, tulee ottaa huomioon ihmisistä, laitteista, valaistuksesta ja auringonsäteilystä johtuvat lämpökuormat. Normaalitylanteessa auringon säteilyn ja valaistuksen aiheuttama lämpökuorma ei ole samanaikaista, joten vuodenaikasta riippuen toisen voi jättää laskelmista pois. Jäähdytystehoa arvioitaessa voidaan tavanomaisessa tilassa, kuten toimistorakennuksessa käyttää jäähdytystehontarpeena tunnuslukua  $30 \text{ W}/\text{m}^2$ . (IVprodukt, s.6-7)

RakMK D3:n mukaan kesäajan huonelämpötila tulee olla hallittavissa ja vaatimuksen mukaisuus osoitetaan eri tilatyypin lämpötilalaskennalla. Kesäajan huonelämpötilan laskenta tulee suorittaa laskentatyökälulla, jolla voidaan huomioida rakenteiden lämmönvarausominaisuudet. Käytännössä laskenta vaatii huoneen simulointia. Kesäajan lämpötilalaskuja ei tarvitse suorittaa erillisissä pientaloissa, rivi- ja ketjutaloissa, varastorakennuksissa, uimahalleissa, jäähalleissa, liikenteen rakennuksissa ja moottoriajoneuvosuojissa. (RakMK D3, 2012, s.10, 27, 28)

Ilmavirtojen valinta lähtee tavoitetasojen määrittelystä. Kun tavoitetasot on määritelty tai muut ilmavirtojen mitoittamiseen vaikuttavat tekijät on laskettu, valitaan tilaan sopivat ilmavirrat. Ilmavirtojen valinnan jälkeen tarkastellaan rakennuksen painesuhteita. Painesuhteiden tulisi lähtökohtaisesti olla suunniteltu niin, että ilma virtaa puhtaammasta tilasta likaisempaan ja rakennus on hieman alipaineinen ulkoilmaan nähden. Toisin sanoen rakennuksen poistoilman virtaus tulisi olla hieman suurempi kuin tuloilman virtaus.

### 3.2.2 Painehäviöiden laskeminen

Kanaviston painehäviötä tarvitaan puhaltimen valinnassa ja kanavahaarojen tasapainoituksessa. Liian pienitehoiseksi mitoitettu puhallin aiheuttaa ongelmia tarvittavien ilmavirtojen siirtämisessä eri tiloihin. Liian suureksi mitoitettu puhallin tuo lisäkustannuksia, sillä tehokkaampien puhaltimien hankintahinnat ovat yleensä korkeampia. Puhallinta ei tulisi mitoittaa niin, että valittu painetaso saavutetaan koneen käydessä täydellä teholla. Etenkin suuremmissa rakennuksissa tulisi jättää muutosvaraa laitteistolle, etteivät mahdolliset ilmavirtojen lisäykset ja muutokset johda välittömästi laitteiden uusimiseen. Myös ääniongelmia lisääntyvät, jos puhallinta joudutaan käyttämään täydellä teholla.

Puhaltimelle vaadittu painetaso lasketaan käyttäen vaikeimman kanavahaaran painehäviötä. Painehäviölaskennassa otetaan huomioon päätelaitteiden, kanavien ja kanavaosien, IV-koneen osien ja äänenvaimentimien painehäviöt. Tulokoneessa lasketaan myös ulkosäleikön tai ilmanottolaitteen ja imuputken tai kammion aiheuttamat painehäviöt. Poistokoneessa lasketaan ulkosäleikön tai ulospuhallushajottajan sekä jäteilmakanavan painehäviöt. Jos kyseessä on rakennus, jossa on pelkästään koneellinen poisto, lasketaan poistopuhaltimen painehäviölaskuissa myös korvausilman reitin ja pääte-elinten aiheuttama painehäviö. (Putkijohtojen virtausteknisen... Laiho, s.83-85)

Painovoimaisessa ilmavaihdossa ilma liikkuu sisältä ulos sisä- ja ulkoilman tiheyseron, tulo- ja poistoilman pääte-elinten korkeuseron sekä tuulen aiheuttaman paine-eron takia. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa painetaso on hyvin pieni, jolloin ilman liikkuminen halutulla tavalla saattaa olla ongelmallista etenkin kesällä. Talvella painovoimainen ilmanvaihto toimii paremmin. Painovoimainen ilmanvaihto toimii paremmin rakennuksissa, joissa tulo- ja poistoilman pääte-elinten väliset korkeuserot ovat suurempia, kuten kerrostaloissa. Painovoimaisessa ilmavaihdossa pääte-elimet ja kanavat joudutaan suunnittelemaan väljiksi ja kanavareitit mahdollisimman helpoiksi, ettei painehäviötä synny. (Putkijohtojen virtausteknisen...Laiho, s.80)

Laskettaessa painehäviötä kanavistolle tulee ensin selvittää, onko ilman virtaus kanavassa laminaarista vai turbulenttista. Laminaarisessa virtauksessa virtaava aine kulkee putkessa ilman häiriöitä, kerroksellisessa tilassa. Turbulenttisessa virtauksessa virtaava

aine kulkee pyörteellisesti. Pääsääntöisesti ilmanvaihtokanavassa on turbulenttinen virtaus, mutta asian voi varmistaa laskemalla virtaavalle aineelle Reynoldsin luvun. Reynoldsin luvun ollessa alle 2000 virtaus on laminaarinen ja sen ollessa yli 4000 virtaus on turbulenttista. Reynoldsin-luku lasketaan kaavalla (3). (Putkijohtojen virtausteknisen... Laiho, s.34)

$$Re = \frac{v \cdot d_u}{\nu}, \text{ jossa} \quad (3)$$

Re= Reynoldsin luku

v= Aineen virtausnopeus m/s

$d_u$ = Kanavan hydraulinen halkaisija

$\nu$ = Virtaavan aineen kinemaattinen viskositeetti

Pyöreän kanavan virtausnopeuksille on annettu LVI-kalenterissa suuntaa-antava taulukko (LVI kalenteri 2013, s.58). Tarkan virtausnopeuden saa laskettua kaavalla (4) (Putkijohtojen virtausteknisen... Laiho, s.19).

$$v = q_v / A, \text{ jossa} \quad (4)$$

v= virtausnopeus

A= kanavan kohtisuora pinta-ala m<sup>2</sup>

$q_v$ = tilavuusvirta m<sup>3</sup>/s

Eri aineiden kinemaattiset viskositeetit saadaan suoraan taulukoista tai oppaista, joten niitä ei tarvitse laskea itse.

Kanavan hydraulinen halkaisija on pyöreän kanavan halkaisija, joka vastaa kitkاپainehäviöltään poikkileikkaukseltaan mielivaltaisen muotoista kanavaa. Tätä halkaisijaa tarvitaan ilmanvaihdossa etenkin suorakaidekanavien ja soikeiden kanavien painehäviölaskennassa. Hydraulinen halkaisija voidaan laskea molemmissa tapauksissa samalla kaavalla (5). (Putkijohtojen virtausteknisen...Laiho, s.40)

$$d_n = 4A/U, \text{ jossa} \quad (5)$$

$d_n$ = hydraulinen halkaisija m

A= pinta-ala, m

U= kanavan piiri

Suoralle kanavalle lasketaan kitkavastuksen aiheuttama painehäviö ja kanavaosille kertyvistä johtuva painehäviö. Pääsääntöisesti kanavavalmistajien teknisistä esitteistä löytyy painehäviökäyrästä, jonka perusteella saadaan suoralle kanavalle painehäviöt metriä kohden ja kanavaosille kokonaispainehäviöt. Painehäviökäyrästä varten tulee tietää ilman virtausnopeus sekä kanavan halkaisija. Tasapainotettaessa kanavistoa joudutaan joskus muuttamaan kanavakokoja halutun painehäviön saavuttamiseksi. Uuden kanavakoon voi valita painehäviökäyrästä, kun tiedetään käytössä oleva paine ja kanavan tilavuusvirta.

Muille kanavaosille, kuten pääte-elimille, säätöpelleille, äänenvaimentimille, säleiköille ja hajottajille, on painehäviöt esitetty valmistajien teknisissä dokumenteissa. Puhaltimien ja IV-koneen osien painehäviöt saadaan valmistajien tuotetiedoista.

Laskettaessa painehäviötä suorakaidekanavalle ja soikealle kanavalle joudutaan ensin selvittämään kanavan hydraulinen halkaisija. Kun hydraulinen halkaisija on laskettu, voidaan käyttää kanavavalmistajien pyöreiden kanavien painehäviökäyriä. Suorakaidekanavaosia ei tulisi valmistaa niin, että niissä olisi teräviä kulmia tai jyrkkiä siirtymiä, ettei painehäviö osassa kasva liian suureksi.

### **3.2.3 Materiaalin valinta**

Kanavien materiaalien valinnasta on annettu ohjeita Rakentamismääräyskokoelma E7:ssä. Kanavien tulee kestää niihin kohdistuvaa normaalia rasitusta, kuten lämpöä ja puhdistamista. Pääsääntöisesti pyöreät kanavat ja suorakaidekanavat valmistetaan sinkitystä teräksestä ja materiaalipaksuuden voi valita taulukon 6 ja 7 perusteella. (RakMK E7, 2004 s.4)

TAULUKKO 6: Materiaalipaksuus pyöreässä kanavassa

Kanavan halkaisija (mm)	Vähimmäispaksuus (mm)
63–315	0,5
400–800	0,7
1000–1250	0,9

TAULUKKO 7: Materiaalipaksuus suorakaidekanavassa

Pidemmän sivun pituus (mm)	Vähimmäispaksuus (mm)
≤300	0,5
300–800	0,7
>800	0,9

Paloturvallisuuden ja puhdistettavuuden kannalta vaikeissa kohteissa käytetään materiaalipaksuutena vähintään 1,25 mm (RakMK E7, 2004 s.4). Tällaisia kanavia ovat esimerkiksi savunpoistokanavat sekä ammattikeittiöiden rasvakanavat.

Jos tilan poistoilmassa on huomattavasti syövyttäviä yhdistelmiä, käytetään kanavamateriaalina haponkestävää terästä. Tällaisia käyttökohteita ovat esimerkiksi kohdepoistot, joissa käsitellään happoa. Ruostumatonta terästä käytetään kohteissa, joissa kanavisto on alttiina korroosiolle. Myös keittiöiden huuvat valmistetaan hyvin usein ruostumattomasta teräksestä. Alumiinikanavia käytetään jonkin verran kohteissa, joissa tarvitaan taipuisaa kanavaa. Alumiinikanavan käyttö on kuitenkin hyvin vähäistä. Jos kanavalle on asetettu palonkestovaatimuksia, ei taipuisaa kanavaa voida käyttää. Muovisia kanavia käytetään lähinnä pientaloissa, joissa sen etuna on helppo ja nopea asennus. Muovikanavalla voidaan myös tehdä kohteita, joissa vaaditaan ruostumatonta tai haponkestävää terästä. Muovikanavalla ei voida tehdä kohteita, joissa kanavalle on asetettu palonkestovaatimuksia.

### 3.2.4 Eristeen valinta

Kanavissa käytetään tarvittaessa lämpö- ja kondenssieristystä, paloeristystä, sekä äänieristystä. Eriste määräytyy kanavassa virtaavan ilman ja ympäristön lämpötilan, kanavalle asetettujen paloturvallisuusvaatimusten ja ääniteknisten laskelmien mukaan. Pyöreitä kanavian harvoin äänieristetään varsinaisella kanavaeristeellä, vaan äänieristys

hoidetaan erillisillä äänenvaimentimilla. Suorakaidekanavia valmistettaessa käytetään jonkin verran äänieristettyä kanavaa. Etenkin IV-koneeseen liitetyt kammiot äänieristetään, jos ei koneessa itsessään ole äänenvaimentimia.

Kanavan paloeriste valitaan Rakentamismääräyskokoelma E7:n ohjeita noudattaen, kun tiedetään kanavan palvelualue, käyttötarkoitus, sekä rakenteelliset palo-osastoinnit. Keittiölieden kohdepoiston paloeristeenä käytetään EI30:tä, kun rakennus kuuluu paloluokkaan P2 tai P3. Ammattimaisen keittiön rasvanpoistokanavan palonkestävyys on huuvalta palo-osaston rajalle EI60 ja toisessa palo-osastossa EI120. Palo- ja räjähdysvaarallisessa tilassa kohdepoistokanavan palonkestävyys palo-osaston rajalle on EI60 ja toisessa palo-osastossa EI120. Palo- ja räjähdysvaarallisessa tilassa ei yleisilmanvaihtoa tarvitse paloeristää palo-osaston rajalle, mutta toisessa palo-osastossa sen palonkestävyys tulee olla EI120. Jos ilmanvaihtokanava läpäisee palo- tai räjähdysvaarallisen tilan, mutta ei avaudu niihin, tulee kanava eristää kyseisessä tilassa EI120 paloluokkaan. Kanavan lävistäessä jonkin paloluokan avautumatta siihen, kanava voidaan paloeristää, jolloin palo-osastojen rajalle ei tarvitse asentaa palopeltejä. Kanavan paloluokka tulee yleensä olla puolet tilan paloluokasta. (RakMK E7, 2004 s.5, 7)

Lämpö- ja kondenssieristyksessä käytetään joko solukumia tai mineraali-, lasi- tai vuorivillaa (Talotekniikassa yleisesti..., 2003 s.2-3). Eristemateriaali voidaan valita tapauskohtaisesti. Eristeen paksuuteen vaikuttavat virtaavan aineen lämpötila, ympyröivän tilan lämpötila, tilantarve sekä kanavan käyttötarkoitus. Ohjeita eristemateriaalin ja -paksuuden valintaan löytyy LVI-kortista ”Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö”.

Pyöreiden kanavien äänieristys hoidetaan yleensä äänenvaimentimilla. Suorakaidekanavissa käytetään jonkin verran äänieristeitä. IV-koneen kammiot sekä huippuimurien läpivientipiiput yleensä äänieristetään, jos ei konepakettiin kuulu valmiiksi äänenvaimentimia. Äänieristeenä käytetään mineraali-, lasi-, kivi- tai vuorivillaa (Talotekniikassa yleisesti..., 2003 s.2-3). Pyöreiden kanavien äänenvaimentimet valitaan puhaltimen ja kanavaosien aiheuttaman melun sekä äänenvaimentimen vaimennustehon perusteella. Vaimennusteho löytyy valmistajan teknisistä esitteistä. Suorakaidekanavalla paras äänenvaimennus saadaan, kun käytetään kanavan sisälle asennettua eristysmateriaalia. Materiaali asennetaan esimerkiksi kanavan ja reikäpellin väliin tai erillisinä eristekappaleina.

Verstaalla valmistetuissa suorakaidekanavissa, kanavaosissa sekä kammion osissa käytetään pääsääntöisesti 50 mm:n tai 100 mm:n vuorivillaa lämmöneristeenä ja 50 mm:n tai 100 mm:n päällystettyä kivivillalevyä äänieristykseenä, jos vaatimustaso ei edellytä suurempia eristepaksuuksia.

## 4 TILAUSOSIEN VALMISTUS

### 4.1 Tilausosien tarpeellisuus

Suorakaidekanavien ja kanavaosien käyttö verrattuna pyöreisiin kanaviin ja osiin on varsin vähäistä. Suorakaidekanavat ovat virtausteknisesti huonompia pyöreisiin kanaviin verrattuna ja niiden aiheuttamat painehäviöt ovat suurempia kuin pyöreillä kanavilla.

Kanavistoja ei aina voida suunnitella pelkästään pyöreillä kanavilla toteutettaviksi. Ongelmia voi olla tilantarpeessa, suurissa ilmamäärissä, kanavien materiaaleissa sekä konehuoneen ratkaisuissa. Suorakaidekanavia voidaan valmistaa monessa eri koossa, jolloin ne soveltuvat paremmin paikkoihin, joissa on niukasti tilaa, kuten hormeihin, alakattojen yläpuolelle ja palkin alituksiin. Joskus kanavistojen ilmavirrat nousevat niin suuriksi, ettei pyöreillä kanavilla saada kuljetettua vaadittuja ilmavirtoja tai kanavakoko kasvaa niin suureksi, etteivät pyöreät kanavat mahdu kulkemaan. Tällöin tulee kysymykseen suunnitella ja asentaa suorakaidekanavistoja.

Jos kanavisto palvelee jotain erityistä tilaa, jossa vaaditaan normaalista poikkeavia kanavamateriaaleja tai materiaalipaksuuksia, on monesti helpompaa tilata verstaasvalmisteisia kanavia ja osia kuin hankkia tehtaalta kanavat kyseiseen paikkaan. Esimerkiksi rasvakanaviin voidaan tehdä jo verstaalla liitoskohdat valmiiksi, jolloin työmaalla joudutaan työstämään erityisen paksua materiaalia mahdollisimman vähän. Erityismateriaaleista, kuten ruostumattomasta ja haponkestävästä teräksestä, valmistetut kanavat voivat tulla halvemmaksi valmistaa itse kuin tilata erikseen tehtaalta.

Saneerauskohteissa suunnitelmat tehdään monesti vanhojen suunnitelmien ja kartoitusten pohjalta, jolloin saatavilla ei ole välttämättä paikkansa pitävää tietoa. Sen vuoksi IV-suunnitelmat ovat välillä sellaisia, ettei niitä voida toteuttaa suunnitellulla tavalla. Joskus eteen voi tulla paikkoja, joissa pyöreillä kanavilla ei voida järkevästi kulkea, jolloin joudutaan poikkeamaan suunnitelmista ja valmistamaan erityisosa. Tällaisia kohtia ovat muun muassa palkkien alitukset. Vaakapalkkeja ei aina huomioida tarpeeksi hyvin suunnitteluvaiheessa, ja jos tilassa on alakaton ja yläpohjan välissä valmiiksi vähän ti-

laa, palkkien alituksia ei aina onnistuta tekemään pelkästään pyöreitä kanavaosia käyttäen.

IV-konehuoneessa verstaasvalmisteisia osia tarvitaan esimerkiksi IV-koneen kammioiden valmistukseen. Kohteesta riippuen kammiot saattavat olla rakenneaineisia kammioita, jotka rakennusurakoitsija valmistaa, tai ne saattavat olla suorakaidekanavaosilla valmistettuja kammioita, joiden hankinta ja asennus kuuluvat IV-urakoitsijalle. Suurempien ilmavirtojen koneiden ulkoilmakammio joudutaan tekemään pääsääntöisesti aina jollain muulla tavalla kuin pyöreillä kanavilla, sillä virtausnopeus ulkosäleiköllä tulee olla pieni. Pyöreillä kanavilla virtausnopeus kasvaisi liian suureksi.

## 4.2 Osien valmistuksen vaiheet

Kanavien ja osien valmistus aloitetaan suunnittelemalla halutut pellinkappaleet. Osassa paikoista tämä työvaihe tehdään vielä käsin levittämällä, eli haluttu osa piirretään pellille levitettyyn muotoon ja palat saadaan tällä tavalla suunniteltua. Käsin suoritettuna tämä on hidasta työtä ja etenkin erikoisosissa, joita ei valmisteta säännöllisesti, haasteena on hahmottaa osan vaatimat pellinpalat. Käsin tehtäessä myös pellinkappaleiden leikkaaminen suoritetaan mekaanisesti, joka on hidasta etenkin vaativan muotoisissa paloissa. Kaihlaset Oy:llä on käytössään plasmaleikkuri ja siihen liittyvä Cad-pohjainen ohjelmisto, jolla pellinkappaleiden suunnittelu ja leikkaaminen suoritetaan. Ohjelmistoon on valmiiksi syötetty eri kanavaosia, joille täytyy suunnitteluvaiheessa antaa vain tarvittavat mittatiedot. Ohjelman avulla saadaan materiaalihukka minimoitua, sillä kone osaa sijoitella kappaleet sopimaan mahdollisimman hyvin pellin eri levymitoille. Plasamalla saadaan leikattua ohjelman suunnittelemat kappaleet nopeasti.

Kun tarvittavat kappaleet on saatu leikattua, aletaan varsinaista osaa kasata kokoon. Osat kootaan taivuttelemalla ja liittämällä leikattuja pellinpaloja. Taivutusta varten verstaalla on kanttikone ja mankeli. Kanttikoneella saadaan levyä taivutettua halutun astemäärän verran ja osaan saadaan halutut saumat. Mankelilla saadaan taivutettua peltiä pyöreään muotoon esimerkiksi pyöreitä muuntoyhteitä varten. Ennen osien taivuttamista haluttuun muotoon, jäykistetään pelti tarvittaessa esimerkiksi ristipokkaamalla sen sivut. Ristipokkauksessa peltiä taivutetaan sivun kulmasta sen ristikkäiseen kulmaan muutaman asteen verran. Jäykistys on tärkeä tehdä etenkin suorissa kanavissa, jottei

ilmavirtaus aiheuta pellin värähtelyä ja äänen syntymistä. (Rakennuspeltiseipän PT, 2013)

Kun osa on saatu taivutettua oikeaan muotoonsa, sen sivut liitetään saumoista yhteen esimerkiksi pistehitsillä. Tämän jälkeen osaan lisätään mahdolliset eristeet. Eristetyt osat valmistetaan niin, että eristelevyt tulevat kahden peltikerroksen väliin. Valmiiseen osaan kiinnitetään halutut liitokset. Liitostyypit vaihtelevat tapauskohtaisesti, mutta pääsääntöisesti suorakaidekanavassa käytetään joko z-listaa tai u-listaa ja pyöreissä kanavissa pyöreää liitosta kumitiivisteellä. Lopuksi osan saumat tiivistetään kitillä ja mahdollisesti maalataan. Kitin tarkoituksena on estää vuotoilman syntymistä.

### **4.3 Mitoituksessa ja tilauksessa esiintyviä ongelmia**

Mitoitettaessa ja tilattaessa verstaasvalmisteisia kanavia ja osia on tärkeä huolehtia, että mitoitus on oikein ja tilaustapa sellainen, ettei osia valmistettaessa ole tulkinnanvaraa. Mitoituksessa suurin ongelma on vääränkokoisten kanavien suunnittelu. Liian pienissä kanavissa virtausnopeus ja painehäviöt kasvavat ja äänitekniset ongelmat lisääntyvät. Jos painehäviöt kasvavat liian suuriksi, ja niitä ei ole otettu huomioon IV-konetta mitoitettaessa, kyseiseen kanavistoon ei välttämättä saada tarpeeksi painetta ja suunniteltuja ilmavirtoja ei voida siirtää. Liian suuret painehäviöt aiheuttavat ongelmia myös koko kanaviston säädössä ja tasapainotuksessa. Jos jonkun kanavahaaran painehäviöt poikkeavat selvästi muiden haarojen painehäviöistä, ei kanavistoa saada välttämättä tarpeeksi hyvin tasapainotettua.

Liian suuret virtausnopeudet kanavissa ja päätelaitteilla aiheuttavat ongelmia äänen kanssa. Monen tilan ilmanvaihdon äänenvoimakkuudelle on säädetty Suomen Rakentamismääräyskokoelmassa raja-arvot, joita ei saa ylittää. Jos kanavat suunnitellaan liian pieneksi, on vaarana, että äänen raja-arvot ylittyvät. Suuri virtausnopeus aiheuttaa ongelmia kanavien lisäksi päätelaitteilla. Jos virtausnopeus päätelaitteella on suuri, se saattaa aiheuttaa vedon tunnetta. Tämä ongelma korostuu entisestään, jos käytetään alle huonetilan lämpöistä ilmaa sisäänpuhalluksessa.

Kanavaosien tilauksessa suurin ongelma on syntynyt osien piirtämisestä. Kaihlaset Oy on käyttänyt tähän asti tilauksissa tilauslomakkeita, johon tilaaja itse piirtää halutun osan. Ongelmana on, että tilaaja ja osien valmistaja saattaa hahmottaa osan eri tavalla. Etenkin muuntoyhteet ovat tuottaneet ongelmia. Muuntoyhteitä mitoitettaessa on tärkeää, että mitoittaja ja tekijä tarkastelevat osia samasta suunnasta. Jos osa mitoitetaan ja valmistetaan eri suunnista katsottuina, liitoskohdat eivät välttämättä osu oikeisiin paikkoihin.

Osien tilaaminen tasokuvista piirtämällä aiheuttaa myös ongelmia. Esimerkiksi kulmayhteet piirretään joskus eri lailla, kuin kuvissa näkyy, ja mittatiedot menevät piirrettyyn tilaukseen väärinpäin. Oikeiden mittatietojen antaminen osatilauksessa riippuu hyvin paljon osan mitoittajan havainnointikyvystä ja kokemuksesta antaa mittoja. Aluksi voi olla hieman epäselvää, mikä mitta tarkoittaa mitäkin sivua.

Osia tilatessa moni antaa tilauksessa hyvin paljon eri mittatietoja, joista osa on täysin tarpeettomia. Kaihlaset Oy valmistaa osansa käyttämällä plasma-leikkuria, jonka perustana on Cadin tapainen ohjelmisto. Ohjelmistossa on valmiina suurin osa tilatuista perusosista, jolloin riittää, kun ohjelmalle syötetään ainoastaan tarvittavat mittatiedot. Piirrettyissä osatilauksissa on hyvin usein turhia mittoja, mutta vaadittavia mittoja tai muita tietoja saattaa puuttua. Tämä aiheuttaa osien valmistajalle ylimääräistä työtä, koska hän joutuu hankkimaan puuttuvat mittatiedot ja välillä piirtämään osat uudestaan. Myös tulkinnanvaraisuuksista johtuvia, virheellisiä osia syntyy tällä tavoin helposti ja se lisää hävikkiä sekä materiaalissa että työtunneissa.

### **Työkalu ongelmien korjaamiseen**

Opinnäytetyön lopputuloksena kehittämäni Excel-pohjainen mitoitus- ja tilauslomake ohjeineen on suunniteltu vähentämään tilaamisessa ilmeneviä ongelmia. Lomakkeita kehittäessäni käytin hyväksi omia kokemuksiani osien mitoittamisesta ja niiden valmistamisesta, sekä haastattelin verstaalla työskenteleviä peltiseppiä. Tilauslomakkeen avulla kyetään osia mitoitettaessa antamaan kaikki tarvittavat mittatiedot, eikä ylimääräisiä mitoituksia synny. Mitoitusohjeiden mukaisesti mitoitettaessa ei enää synny tulkinnanvaraisuuksia mitoittajan ja osan valmistajan välille esimerkiksi osan muodosta ja tarkastelusuunnasta. Tämä vähentää etenkin muunnoissa ja heitoissa syntyviä tulkintavirheitä.

Sopivan kokoisten suorakaidekanavien valinnan helpottamiseksi opinnäytetyö sisältää myös itse tehdyn taulukon, jonka avulla voidaan valita kanavalle sopiva otsapinta-ala vaadittujen ilmavirtojen ja virtausnopeuksien perusteella. Tämä vähentää liian pienien kanavien mitoitusta ja siitä johtuvia ongelmia, kuten ääniongelmat ja liialliset painehäviöt. Taulukko helpottaa etenkin asentajien kanavakokojen valintaa, sillä heillä ei välttämättä ole tarpeellista tietoutta virtausteknisistä tekijöistä.

Tilauslomake sisältää valintataulukon verstaalla käytetyistä eristeistä ja ohjeistuksen niiden valintaan. Myös käytetyt liitosvaihtoehdot on listattu.

## 5 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli valmistaa Kaihlest Oy:n tarpeita varten työkalu ja ohjeistus ilmanvaihdon suorakaidekanavan- ja osien mitoittamiseen sekä laatia heille tilauslomakkeet osia tilaamiseen. Ohjeistus ja tilauslomakkeet ovat esitetty liitteissä 1-12. Lisäksi osana opinnäytetyötäni kävin läpi ilmanvaihdon suunnittelun perusteita ja sen eri vaiheita. Osion tarkoituksena oli luoda IV-urakoinnin parissa työskenteleville mielikuva siitä, mitä suunnitteluun kuuluu ja mitä asioita siinä tulee ottaa huomioon. Suunnittelun perusteiden tunteminen on tärkeää työmaaolosuhteissa etenkin silloin, kun joudutaan tekemään suunnitelmista poikkeavia ratkaisuja kanavareittien ja kanavakokojen suhteen. Tällöin on hyvä tietää, kuinka muutokset vaikuttavat lopullisiin mitoituksiin mm. painehäviöiden ja virtausnopeuksien kannalta.

Työn haasteena oli miettiä, mitä eri osa-alueita tulisi korostaa ja mitä voisi jättää vähemmälle huomion otolle. Ilmanvaihdon suunnittelu on hyvin laaja-alaista työtä, jossa tulee ottaa huomioon monia eri tekijöitä. Osa tekijöistä on sellaisia, ettei niitä kyetä huomioimaan työmaaolosuhteissa. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi äänitekniikan täydelliset laskelmat. Olenkin joutunut työssäni rajaamaan ja yksinkertaistamaan osaa laskentamenetelmistä, sillä urakointipuolella monesti riittää, että kykenee hahmottamaan, kuinka jotkin tekijät syntyvät ja miten ne vaikuttavat kokonaisuuteen.

Osien mitoituksen ongelmana on erilaisten osien suuri lukumäärä. Käytännössä pellistä saa valmistettua melkeinpä millaisia osia tahansa. Sen takia olenkin valinnut työhöni yleisimpiä kanavaosia, joita verstaalla valmistetaan. Osa enemmän valmistetuista osista on sellaisia, ettei niihin kykene tekemään yhtäläistä mitoitusohjetta. Nämä osat olen joutunut jättämään opinnäytetyöstäni pois.

Työn lopputuloksena saadut tilauslomakkeet ohjeineen ovat varsin käyttökelpoisia osien tilaamiseen. Niiden perusteella saadaan mitoitettua juuri haluttu osa sellaisena kuin se verstaalla valmistetaan. Osana opinnäytetyötäni laadittu taulukko, jossa on kuvattu kanavan otsapinta-ala, tilavuusvirta ja virtausnopeus, on tarkoitettu helpottamaan sopivan kokoisen kanavan valintaa tilanteissa, joissa esimerkiksi pyöreä kanava joudutaan muuttamaan suorakaidekanavaksi. Taulukon tarkoituksena on vähentää väärän kokoisten kanavien tilaamista ja estää siitä syntyviä ongelmia.

## LÄHTEET

HTP-arvot 2012. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. 2012. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön julkaisu.

[http://www.stm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=5197397&name=DLFE-19904.pdf](http://www.stm.fi/c/document_library/get_file?folderId=5197397&name=DLFE-19904.pdf)

IV Produkt, Kylmä Aapinen

LVI kalenteri 2013. Insinööritoimisto Sarkka ja LVI-konsultointi Sarkki Oy. Suomen Kalenterit Oy

Putkijohtojen virtausteknisen mitoituksen perusteet, Esa-Matti Laiho,  
<http://koti.mbnet.fi/goofiax/Putkijohtojen%20virtausteknisen%20mitoituksen%20perusteet.pdf> , luettu 1.3.2013

Rakennuspeltiseipän PT,  
<https://sites.google.com/site/rakennuspeltiseipenpt/kanavaosat/kanavan-jaeykistaaminen>. Luettu 31.3.2013

RakMk E7. Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus. 2004

RakMk D3. Rakennusten energiatehokkuus. 2012

RakMk D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012

RakMk C1. Äänieristys ja meluntorjunta rakennuksessa. 1998

Seppänen, Olli. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Talotekniikka-Julkaisut Oy

Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. LVI-kustannus Oy

Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. 2008. LVI 05-10440

Swegon Casa R120 asennus-, käyttö-, ja huolto-opas.  
[http://www.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/Air%20handling%20units/Swegon%20CASA%20R-series/fi/CASA\\_R120-m.pdf](http://www.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/Air%20handling%20units/Swegon%20CASA%20R-series/fi/CASA_R120-m.pdf). luettu 15.3.2013

Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus. 2003. LVI 50-10344.

Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö. 2002. LVI 50-10345.

Terveellisen asunnon ABC, Hengitysliitto Heli ry.  
[http://www.heli.fi/content/Julkaisut\\_materiaalit/Sisailma\\_ ja\\_korjausoppaat/Terveellisen\\_asunnon\\_abc.pdf](http://www.heli.fi/content/Julkaisut_materiaalit/Sisailma_ ja_korjausoppaat/Terveellisen_asunnon_abc.pdf). luettu 20.2.2013

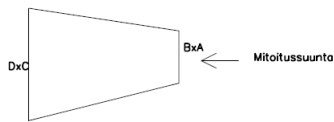
## LIITTEET

### Liite 1. Ohjeistus suorakaidekanavien- ja osien mitoittamiseen

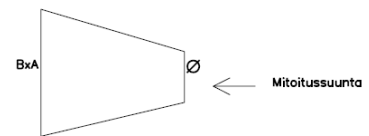
1(3)

Mitoitettaessa muuntoyhteitä, tulee mitoitus tehdä kuvan osoittamasta suunnasta. Nuolen osoittama pää tarkoittaa kantti-kantti muuntoyhteissä pinta-alaltaan pienempää päätä ja pyöreä-kantti muuntoyhteissä pyöreää kanavaliitosta.

#### Kantti-kantti muuntoyhde

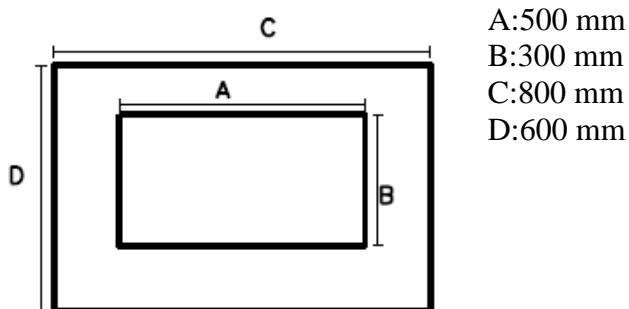


#### Kantti-pyöreä muuntoyhde

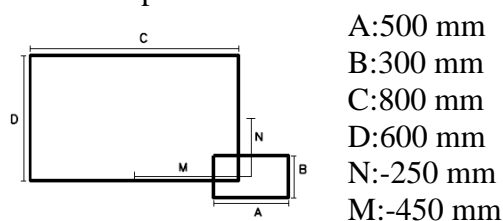


Muuntoyhteiden liospäiden keskipisteiden väliset erot merkitään kuvassa olevilla mitoilla  $M$  ja  $N$ . Nämä arvot voivat olla joko positiivisia tai negatiivisia, riippuen liitosten kohdista. Jos mitoitus suunnasta katsottuna lähemmän liospään keskipiste on kauemman liitoksen keskipisteen vasemmalla puolella, on  $M$  positiivinen luku. Jos se sijaitsee oikealla puolella, on arvo negatiivinen. Jos lähemmän liospään keskipiste on kauemman liitoksen keskipisteen yläpuolella, on  $N$  positiivinen. Jos keskipiste sijaitsee alapuolella, on arvo negatiivinen. Keskeisissä muuntoyhteissä  $M$  ja  $N$  sarakkeet jätetään tyhjiksi.

Esimerkki: Keskeinen kantti-kantti muuntoyhde

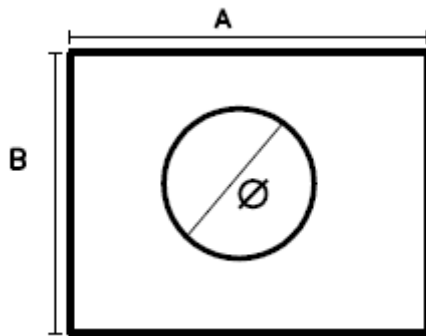


Esimerkki: Epäkeskeinen kantti-kantti muuntoyhde



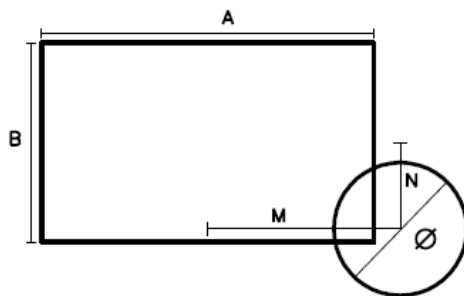
2(3)

Esimerkki: Keskeinen kantti-pyöreä muuntoyhde



A:800 mm  
B:600 mm  
 $\varnothing$ :315 mm

Esimerkki: Epäkeskeinen kantti-pyöreä muuntoyhde



A:800 mm  
B:600 mm  
 $\varnothing$ :315 mm  
N:-250 mm  
M:-500 mm

3(3)

Jos kanava tai osa tulee olla eristetty, ilmoitetaan siitä tilauslomakkeessa. Jos eristettä ei tule, jätetään kyseinen kohta tyhjäksi. Eristeet valitaan alla olevasta taulukosta 1.

TAULUKKO 1: Eristevaihtoehdot

EI30	Paloeriste palokestävyys 30min
EI60	Paloeriste palokestävyys 60min
EI90	Paloeriste palokestävyys 90min
EI120	Paloeriste palokestävyys 120min
L50	Lämpöeriste 50mm
L100	Lämpöeriste 100mm
ÄV50	Äänieriste 50mm
ÄV100	Äänieriste 100mm

Jos eristevaatumuksena on jokin muu, ilmoitetaan siitä tilauslomakkeen ”lisätietoja” kentässä. Osien kokoja mitoittaessa tulee huomioida, että annetut mitat ovat sisämittoja. Eristeet ja liitokset kasvattavat osan ulkomittoja.

Kanavien ja osien liitostavat valitaan alla olevasta taulukosta 2.

TAULUKKO 2: Liitosvaihtoehdot

IT	IT/Z – lista
IT-i	IT/Z – lista irtonaisena
U	U-lista
U-i	U-lista irtonaisena
NK	Niittikantti
NK-s	Niittikantti sisälle taivutettuna
OK	Osa koon liitos pyöreään kanavapähän
PK	Putkikoon liitos pyöreään kanavapähän
UP	Umpiperä/ tulpattu pää

Jos liitostavaksi halutaan joku muu, tai liitosmateriaali- tai kohta on poikkeava, ilmoitetaan se ”lisätietoja” kentässä.

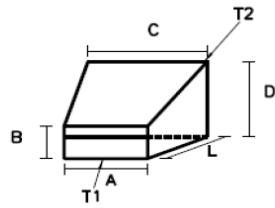
Osat valmistetaan pääsääntöisesti sinkitystä teräksestä ja materiaalipaksuus riippuu osan koosta. Jos osalta vaaditaan poikkeavia materiaaleja tai materiaalipaksuuksia, ilmoitetaan siitä tilauslomakkeen ”lisätietoja” kohdassa

## Liite 2. Ohjetaulukko kanavan poikkipinta-alan valintaan

Ilmamäärä l/s	Virtausnopeus m/s							
	2	3	4	5	6	7	8	
50	0,025	0,02	0,01	0,01	0,008	0,007	0,006	
100	0,05	0,03	0,03	0,02	0,017	0,014	0,013	
150	0,075	0,05	0,04	0,03	0,025	0,021	0,019	
200	0,1	0,07	0,05	0,04	0,033	0,029	0,025	
250	0,125	0,08	0,06	0,05	0,042	0,036	0,031	
300	0,15	0,1	0,08	0,06	0,05	0,043	0,038	
350	0,175	0,12	0,09	0,07	0,058	0,05	0,044	
400	0,2	0,13	0,1	0,08	0,067	0,057	0,05	
450	0,225	0,15	0,11	0,09	0,075	0,064	0,056	
500	0,25	0,17	0,13	0,1	0,083	0,071	0,063	
550	0,275	0,18	0,14	0,11	0,092	0,079	0,069	
600	0,3	0,2	0,15	0,12	0,1	0,086	0,075	
650	0,325	0,22	0,16	0,13	0,108	0,093	0,081	
700	0,35	0,23	0,18	0,14	0,117	0,1	0,088	
750	0,375	0,25	0,19	0,15	0,125	0,107	0,094	
800	0,4	0,27	0,2	0,16	0,133	0,114	0,1	
850	0,425	0,28	0,21	0,17	0,142	0,121	0,106	
900	0,45	0,3	0,23	0,18	0,15	0,129	0,113	
950	0,475	0,32	0,24	0,19	0,158	0,136	0,119	
1000	0,5	0,33	0,25	0,2	0,167	0,143	0,125	
1100	0,55	0,37	0,28	0,22	0,183	0,157	0,138	
1200	0,6	0,4	0,3	0,24	0,2	0,171	0,15	
1300	0,65	0,43	0,33	0,26	0,217	0,186	0,163	
1400	0,7	0,47	0,35	0,28	0,233	0,2	0,175	
1500	0,75	0,5	0,38	0,3	0,25	0,214	0,188	
1600	0,8	0,53	0,4	0,32	0,267	0,229	0,2	
1700	0,85	0,57	0,43	0,34	0,283	0,243	0,213	
1800	0,9	0,6	0,45	0,36	0,3	0,257	0,225	
1900	0,95	0,63	0,48	0,38	0,317	0,271	0,238	
2000	1	0,67	0,5	0,4	0,333	0,286	0,25	
2200	1,1	0,73	0,55	0,44	0,367	0,314	0,275	
2400	1,2	0,8	0,6	0,48	0,4	0,343	0,3	
2600	1,3	0,87	0,65	0,52	0,433	0,371	0,325	
2800	1,4	0,93	0,7	0,56	0,467	0,4	0,35	
3200	1,6	1,07	0,8	0,64	0,533	0,457	0,4	
3400	1,7	1,13	0,85	0,68	0,567	0,486	0,425	
3600	1,8	1,2	0,9	0,72	0,6	0,514	0,45	
3800	1,9	1,27	0,95	0,76	0,633	0,543	0,475	
4000	2	1,33	1	0,8	0,667	0,571	0,5	
4200	2,1	1,4	1,05	0,84	0,7	0,6	0,525	
4400	2,2	1,47	1,1	0,88	0,733	0,629	0,55	
4600	2,3	1,53	1,15	0,92	0,767	0,657	0,575	
4800	2,4	1,6	1,2	0,96	0,8	0,686	0,6	
5000	2,5	1,67	1,25	1	0,833	0,714	0,625	

Kanavan pinta-ala m<sup>2</sup>

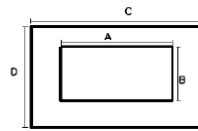
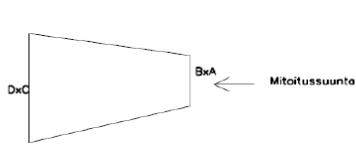
Liite 3. Tilauslomake: Muuntoyhde kantti-kantti



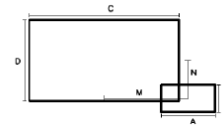
Tilaaaja: \_\_\_\_\_  
 Työmaa: \_\_\_\_\_  
 Kohde: \_\_\_\_\_  
 Päivämäärä: \_\_\_\_\_

**Muuntoyhde, kantti-kantti**

Määrä (kpl)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	M (mm)	N (mm)	L (mm)	Liitos		Eriste	Lisätietoja
								T1	T2		

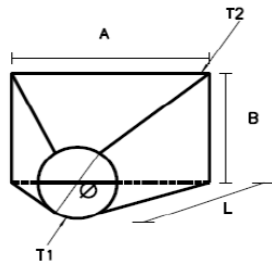


Keskeisessä muunnossa M ja N sarakkeet jätetään tyhjiksi



Epäkeskeisissä muunnoissa merkitään eri liitospäiden keskikohtien erot mitoitusohjeen mukaisesti sarakkeisiin M ja N

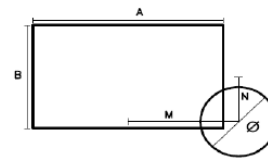
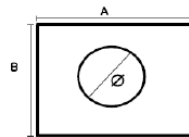
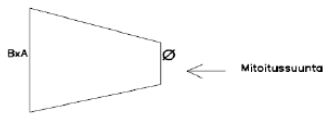
Liite 4. Tilauslomake: Muuntoyhde kantti-pyöreä



Tilaja: \_\_\_\_\_  
 Työmaa: \_\_\_\_\_  
 Kohde: \_\_\_\_\_  
 Päivämäärä: \_\_\_\_\_

**Muuntoyhde, kantti-pyöreä**

Määrä (kpl)	Halkaisija Ø (mm)	A (mm)	B (mm)	M (mm)	N (mm)	L (mm)	Liitos		Eriste	Lisätietoja
							T1	T2		

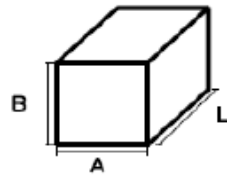


Keskeisessä muunnossa M ja N sarakkeet jätetään tyhjiksi

Epäkeskeisissä muunnoissa merkitään eri liitospäiden keskikohtien erot mitoitushjeen mukaisesti sarakkeisiin M ja N



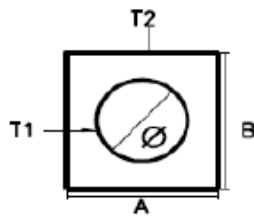
## Liite 6. Tilauslomake: Laatikko &amp; pelti pyöreällä kanavalähdöllä



Tilaja: \_\_\_\_\_  
 Työmaa: \_\_\_\_\_  
 Kohde: \_\_\_\_\_  
 Päivämäärä: \_\_\_\_\_

## Umpilaatikko

Määrä (kpl)	A (mm)	B (mm)	L (mm)	Eriste	Lisätietoja



## Pelti pyöreällä lähdöllä

Määrä (kpl)	Halkaisija $\varnothing$ (mm)	A (mm)	B (mm)	M (mm)	N (mm)	Liitos		Lisätietoja
						T1	T2	

Jos pyöreä kanavalähtö on keskellä peltiä, jätetään M ja N sarakkeet tyhjiksi.

Jos pyöreä kanavalähtö on epäkeskeinen, merkitään liitospäiden keskipisteiden väliset erot M ja N sarakkeisiin samalla lailla kuin kantti-pyöreä muuntoyhteessä











