

20. TALOTEKNIIKKAA

Talotekniikan avulla tuotetaan kiinteistön toiminnan mahdollistavat olosuhteet:

- jaetaan elintoimintojen vaatima vesi,
- poistetaan jätteet,
- pidetään sisälämpötila sopivana,
- turvataan sisäilman puhtaus,
- tuotetaan valaistus,
- mahdollistetaan sähkölaitteiden toiminta,
- ennakoidaan paloturvallisuus ja
- valvotaan kaikkia toimintoja.

Talotekniikka antaa kiinteistölle sielun. On kysymyksessä sitten tuotanto-, toimisto-, asuin- tai liikekiinteistö, niin tekniikka muodostaa merkittävän osan esim. investointikustannuksista. Saneeraustilanteissa talotekniikkakokonaisuus on jopa useimmiten merkittävämpi kuin rakennustekniset työt.

Talotekniikka koostuu enimmäkseen seuraavista järjestelmistä:

- lämmitysjärjestelmä (esim. patteriverkosto), jolla pidetään sisäilman lämpötila sopivana kylmänä kautena,
- vesi- ja viemärijärjestelmä, jolla tuotetaan kylmä- ja lämmin vesi kiinteistön kaikkiin tarvittaviin tiloihin sekä poistetaan jätevesi,
- ilmanvaihtojärjestelmä, jolla pidetään sisäilman laatu ja muut olosuhteet kunnossa,
- jäähdytysjärjestelmä, jolla tuotetaan kylmäenergiaa tilojen yllämmön poistoon,
- sähköjärjestelmä, jolla mahdollistetaan valaistus sekä sähkölaitteiden toiminta,
- springlerjärjestelmä, jolla hoidetaan kiinteistön palosuojaus,
- tele- ja data-järjestelmät, joilla hoidetaan verkkoyhteydet sekä kiinteistön sisällä että ulkoisesti,
- säätö- ja automaatiojärjestelmä, jolla hoidetaan talotekniikkajärjestelmien toimivuus sekä niiden seuranta ja valvonta ja
- turvajärjestelmät, joilla hoidetaan mm. kulunvalvonta, ulkoalueiden valvonta, sähkön varajärjestelmä jne.

Talotekniikan rooli kasvaa jatkuvasti. Lisääntyvä konekanta työpaikoilla, kasvavat vaatimukset sisäilmaston laadusta, automaation lisääntyminen ja informaatiotarpeen kasvu asettavat yhä korkeampia vaatimuksia talotekniikalle. Sen vuoksi tekniikoiden integrointi on välttämätön keino vastata haasteisiin.

Kiinteistöä tulee tarkastella ns. elinkaaritalouden mukaan. Se muodostuu investointikustannusten lisäksi käyttö- ja ylläpitokustannuksista. Talotekniikkalaitteiden elinkaari-ikä on normaalisti 25-30 vuotta. On siis erinomaisen tärkeää järjestelmävalinnoissa tarkastella kokonaiskustannuksia, ei vain investointivaihetta. Tähän tarkasteluun kytketään yhä suuremmissa määrin rahan lisäksi ympäristötekijät.

20.1. ThermoNet®

20.1.1. Yleistä

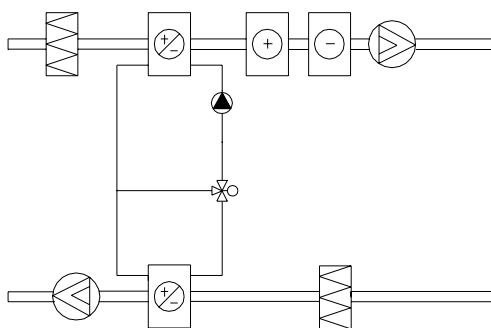
Uusi talotekniikkajärjestelmä ThermoNet® hoitaa kiinteistön lämmityksen, ilmanvaihdon ja jäähdytyksen. Se sisältää termisen energiakeskuksen, energian muuntamisyksikön, ilmapöytäyksen, järjestelmän säätöosan, ilman jakeluverkoston ja huonejärjestelmät. Keskeisenä osana on teollisesti tuotettu talotekniikkakeskus.

20.1.2. Perinteinen tapa

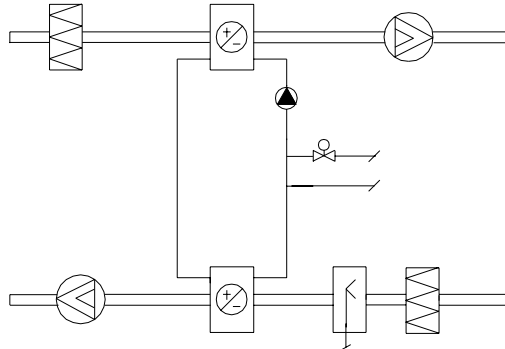
Lämmönsiirto ilmapöytäyksissä koostuu:

- lämmityksestä,
- jäähdytyksestä,
- lämmöntalteenotosta ja
- hukkaenergian käytöstä (esim. lauhdelämmöstä).

Kaikki nämä ovat erillisiä piirejä sisältäen lämmönvaihtimet, putkituksen, säätimet, pumput jne.



KUVA 20.1.a. Perinteinen järjestelmä



KUVA 20.1.b. ThermoNet®

20.1.3. Innovaatio

Uudessa mallissa kaikki nämä toiminnot on yhdistetty yhteen ainoaan piiriin.

ThermoNet® perustuu suureen lämmönsiirtopinta-alaan ja pieneen lämpötilaeroon. Alkuun tätä hyödynnettiin lämmityksessä, mutta pian todettiin sama ominaisuus myös jäähdytyksessä. Käyttämällä poistoi ilman kostutusjäähdytystä saadaan tuloilmaan siirrettyä jäähdytystehoa.

Paluuvien lämpötila on kummassakin järjestelmässä suunnilleen samalla tasolla (20 °C). Tästä syntyi idea yhdistää järjestelmien paluuputket. Jäähdytyksessä paluuvien lämpötila on lähellä mitoituksen ulkolämpötilaa ja siten tulo- ja paluuvien lämpötilojen ero kaksinkertaistuu.

20.2. Materiaali- ja rakennetietoja

Taulukko 20.2a. Rakennus- ja lämmöneristysaineiden ominaisuuksia.

Rakennusaine	Kuivan aineen tiheys ρ_o kg/m ³	Kuivan aineen lämmönjohtav. λ_o W/mK	Aineen vesi-pitoisuus v %	Normaali-lämmönjohtavuus λ W/mK
1	2	3	4	5
Luonnonkivet				
graniitti, gneissi	2700			3,5
kalkkikivi, marmori	2700			2,9
hiekkakivi	2700			2,3
Betoni				
korkkibetoni	2300	0,9	2	1,7
Sahanpurubetoni	1300	0,3	1	0,5
Muuraus- ja rappauslaastit				
sementtilaasti	2000	0,7	2	1,2
kalkkisementtilaasti	1800	0,6	2	1,0
kalkkilaasti	1700	0,5	2	0,9
sahanpurulaasti	700	0,14	10	0,23
Kevytbetonit				
höyrykarkaistu tai karkaisematon	660	0,15	6	0,20
	510	0,12	6	0,16
	410	0,09	6	0,14
	660	0,15	4	0,19
	510	0,12	4	0,15
	410	0,09	4	0,13
paikoilleen valettu kevytbetoni	1200	0,29	4	0,35
	500	0,12	4	0,14
	400	0,10	4	0,12
	300	0,08	4	0,09
	200	0,06	4	0,08
kevytsorabetoni	700	0,17	5	0,23
	600	0,14	5	0,19
	500	0,12	5	0,16
	700	0,17	4	0,21
	600	0,14	4	0,17
	500	0,12	4	0,15
Eristyslevyt, laatat, matot, huovat ja lastuvillalevyt				
paksuus 2,5 cm	350	0,075	8	0,08
paksuus 5 cm	300	0,075	8	0,08
paksuus 7,5 cm	280	0,070	8	0,075
paksuus 10 cm	260	0,070	8	0,075

Rakennusaine	Kuivan aineen tiheys ρ_o kg/m ³	Kuivan aineen lämmönjohtav. λ_o W/mK	Aineen vesi-pitoisuus v %	Normaali-lämmönjohtavuus λ W/mK
1	2	3	4	5
Puukuitulevyt				
kovat	1000	0,12	8	0,13
puolikovat	600	0,075	9	0,08
huokoiset	300	0,05	10	0,055
Korkkilevyt				
paisutetut	210	0,05	3	0,05
paisutetut	140	0,040	3	0,04
paisutetut	110	0,037	3	0,04
paisutetut bitumilla sidotut	145	0,040	3	0,05
Korkkiparketti	500	0,075	10	0,08
Olkilevyt (puristetut)	300	0,09	10	0,09
Aaltopahvieristeet kyllästetystä paperista	40	0,04	3	0,05
Mineraalivillat	15...200	0,035	1	0,05
Polystyreeni vaahtomuovi	15...30	0,035	2	0,04
Täyteaineet				
hiekkä	1700			0,40
koksikuona	700		3	0,23
murskattu kevytbetoni	400		4	0,15
paisutettu, poltettu savi	450		0,5	0,12
rakeistettu koksikuona	150		0,5	0,09
sahanpuru, löysänä	120		12	0,12
sahanpuru, sullottuna	200		12	0,08
kutterilastu, löysänä	80		12	0,14
kutterilastu, sullottuna	120		12	0,08
vaahtomuovipuru	10...20		2	0,06
Muuratut rakenteet				
kevytbetonimuurit	660	0,15	6	0,27
	510	0,12	6	0,22
	410	0,09	6	0,20
kevytsorabetonimuurit	700	0,17	5	0,28
	600	0,14	5	0,24
	500	0,12	5	0,22
sahanpurubetonitiilimuri	1300	0,42	4	0,52
betonitäystiilimuri	2000	0,7	2	1,2
kalkkiahiekkatiilimuri	1800	0,7	3	0,9
poltetuista savitiilistä tehdyt muurit:	1800	0,58	1	0,70
täystiilimuri	1600	0,52	1	0,58
	1400	0,46	1	0,52
	1200	0,35	1	0,41

Rakennusaine	Kuivan aineen tiheys ρ_{00} kg/m ³	Kuivan aineen lämmönjohtav. λ_0 W/mK	Aineen vesi-pitoisuus v %	Normaali-lämmönjohtavuus λ W/mK
1	2	3	4	5
reikätiilimuuri (19 reikää)	1600 1400 1200 1000	0.58 0.52 0.46 0.35	1 1 1 1	0.70 0.58 0.52 0.41
Asbestisementtilevyt	1800	0.41	2	0.58
Bitumi ja asfaltti valuasfaltti bitumi	2100 1050			0.81 0.17
Ikkunalasi	2600			0.81
Puu (lämmönvirtaus kohtisuoraan syitä vastaan)				
mänty, kuusi	500	0.12	16	0.14
pyökki, tammi	700	0.14	18	0.16
Lastulevyt	600 400	0.13 0.09	10 10	0.14 0.12

Taulukko 20.2c. Ilman lämpötila, paine ja tiheys eri korkeuksissa.

Korkeus meren pinnasta z (ft)	Korkeus meren pinnasta z (m)	$f(^{\circ}\text{C})$	p/p_0	ρ_0
0	0	15,0	1,000	1,000
660	200	14,6	0,975	0,976
1650	500	14,0	0,942	0,893
3300	1000	13,0	0,886	0,893
5000	1520	5,1	0,832	0,862
10000	3050	-4,8	0,688	0,738
15000	4570	-14,7	0,564	0,629
20000	6100	-24,6	0,459	0,534
25000	7620	-34,5	0,371	0,448
30000	9150	-44,4	0,297	0,375
35000	10670	-54,3	0,235	0,310
40000	12200	-55	0,185	0,244
45000	13720	-55	0,145	0,192
50000	15250	-55	0,115	0,151

Taulukko 20.2d. Normaalivuoden (vuosien 1931-60 keskiarvot). Astepäiväluvut ja keskilämpötilat.¹⁾

	Helsinki		Turku ²⁾		Tampere ²⁾		Vaasa ²⁾		Kuopio ²⁾		Oulu ²⁾	
	t_m	S	t_m	S	t_m	S	t_m	S	t_m	S	t_m	S
Tammik.	-5,4	694	-6,0	713	-7,9	772	-7,3	753	-9,8	831	-9,5	821
Helmik.	-6,0	650	-6,6	667	-8,0	706	-7,5	692	-10,0	763	-9,9	760
Maalisk.	-3,1	623	-3,6	639	-4,8	676	-4,7	673	-6,1	716	-7,0	744
Huhtik.	2,9	423	2,2	444	2,2	444	1,3	471	1,1	477	-0,1	513
Toukok.	9,3	174	8,7	213	8,8	211	7,5	293	7,9	255	7,0	310
Kesäk.	14,5	-	13,9	-	13,7	-	12,8	-	14,0	-	12,6	7
Heinäk.	17,8	-	17,1	-	16,8	-	16,2	-	17,1	-	16,6	-
Elok.	16,5	-	14,6	-	15,0	-	14,6	-	15,3	-	14,4	16
Syysk.	11,7	114	10,6	178	10,0	193	9,6	222	9,7	208	8,9	243
Lokak.	6,1	338	5,2	366	4,3	394	3,8	409	3,6	415	2,6	446
Marrask.	1,8	456	0,9	483	0,1	507	-0,5	525	-1,4	552	-2,1	573
Jouluk.	-1,9	586	-2,7	611	-3,9	648	-3,7	642	-6,1	716	-6,0	713
Kokovuosi	5,4	4060	4,5	4310	3,9	4550	3,5	4680	2,8	4930	2,3	5150

Seinämien kautta siirtyvä lämpö astepäiväluvun avulla laskettuna

$$W = 86,4 \text{ S / } ^{\circ}\text{C vrk} \cdot G / W / ^{\circ}\text{C kJ},$$

jossa S = astepäiväluku ($^{\circ}\text{C vrk}$),

G = seinämien lämpökonduktanssi ($W / ^{\circ}\text{C}$).

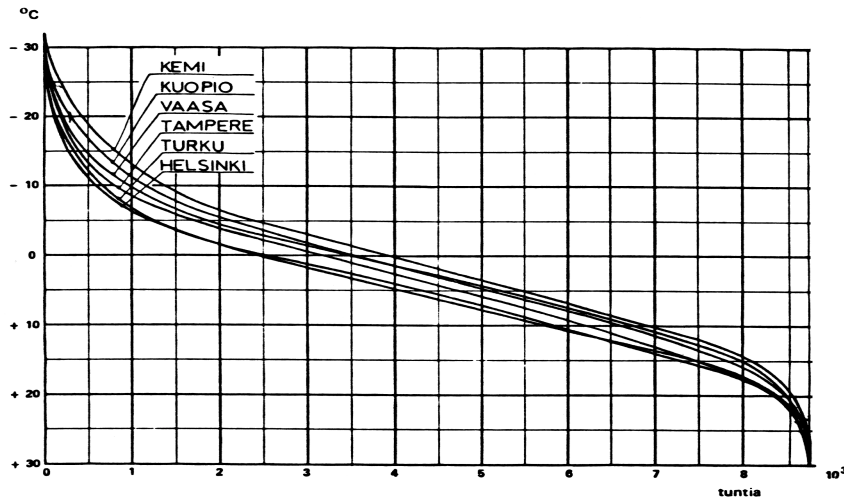
1) Astepäiväluvut on laskettu 17°C sisälämpötilalle olettaen, että lämmitys lopetetaan ulkoilman lämpötilan noustua $+10^{\circ}\text{C}$ ja aloitetaan sen laskettua $+12^{\circ}\text{C}$. Auringon säteilylämpöä ja sisällä vapautuvaa lämpöä ei ole otettu huomioon.

2) Lentokenttä

3) Vuodesta 1966 lähtien on myös kesäkuukausille laskettu astepäiväluvut. Tämä on otettava huomioon verrattaessa ko. vuoden arvoja normaalivuoden vastaaviin arvoihin.

KUVA 20.2a. Lämpötilan pysyvyyskäyrät (normaalivuosi) Lähde: EKONO.

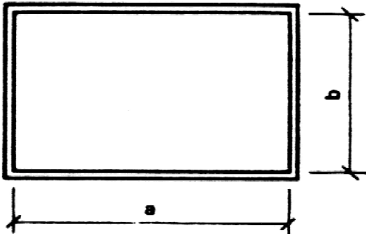
LÄMPÖTILAN PYSYVYYSKÄYRÄT (NORMAALIVUOSI)



Taulukko 20.2e. Pyöreät kanavat (SFS 3282)

Nimellismitta d mm	Kanavan sisähakaisija d_1 mm		Liitoskappaleen ulkohakaisija d_2 mm	
63	63,0...	63,5...	61,8...	62,3
80	80,0...	80,5...	78,8...	79,3
100	100,0...	100,5...	98,8...	99,3
125	125,0...	125,5...	123,8...	124,3
160	160,0...	160,6...	158,7...	159,3
200	200,0...	200,6...	198,6...	199,3
250	250,0...	250,8...	248,5...	249,3
315	315,0...	315,9...	313,4...	314,3
400	400,0...	401,0...	398,3...	399,3
500	500,0...	501,1...	498,2...	499,3
630	630,0...	631,2...	628,1...	629,3
800	800,0...	801,6...	798,0...	799,3
1 000	1 000,0...	1 002,0...	997,9...	999,3
1 250	1 250,0...	1 252,5...	1 247,8.....	1 249,3..

Taulukko 20.2f. Suorakaidekanavat (SFS 3281).



Suorakaidekanavan koko ilmoitetaan a x b.

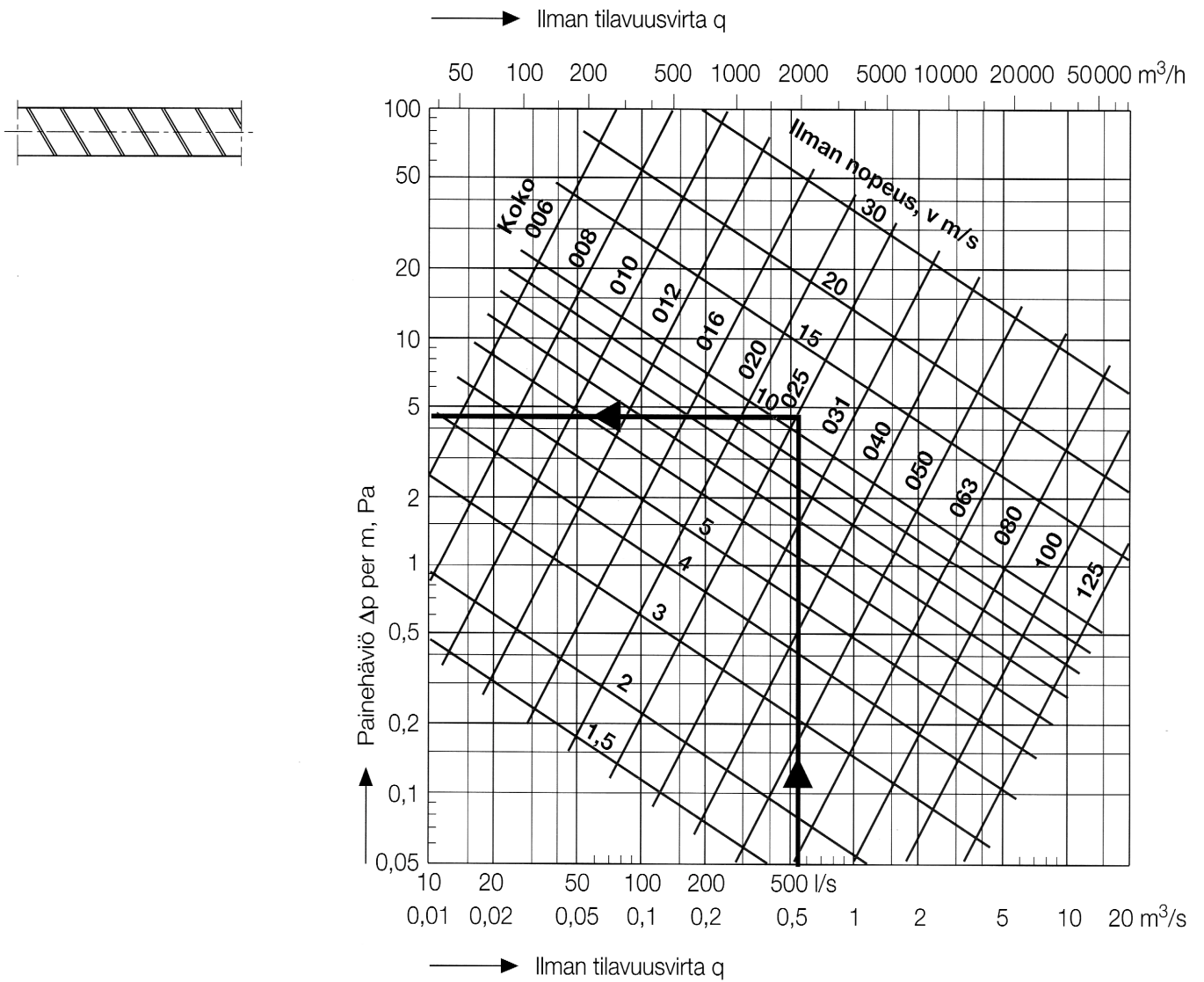
Suorakaidekanavan koot on esitetty rastereilla taulukossa. Ensisijaisesti suositeltavat koot on esitetty tiheällä rasterilla.

Standardisoidut koot

Sivu a mm	Sivu b mm										
	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1 000	1 200
200	■	■									
250											
300	■	■	■								
400		■	■	■	■						
500		■	■	■	■	■					
600		■	■	■	■	■	■				
800			■	■	■	■	■	■			
1 000				■	■	■	■	■	■		
1 200					■	■	■	■	■	■	
1 400						■	■	■	■	■	■
1 600							■	■	■	■	■
1 800								■	■	■	■
2 000									■	■	■

Kanavan sisämitta sauman kohdalla $a_1 = a - 4$ ja $b_1 = b - 4$

Kanavan sisämitta muulla osalla kanavaa $a_2 \geq a - 4$ ja $b_2 \geq b - 4$

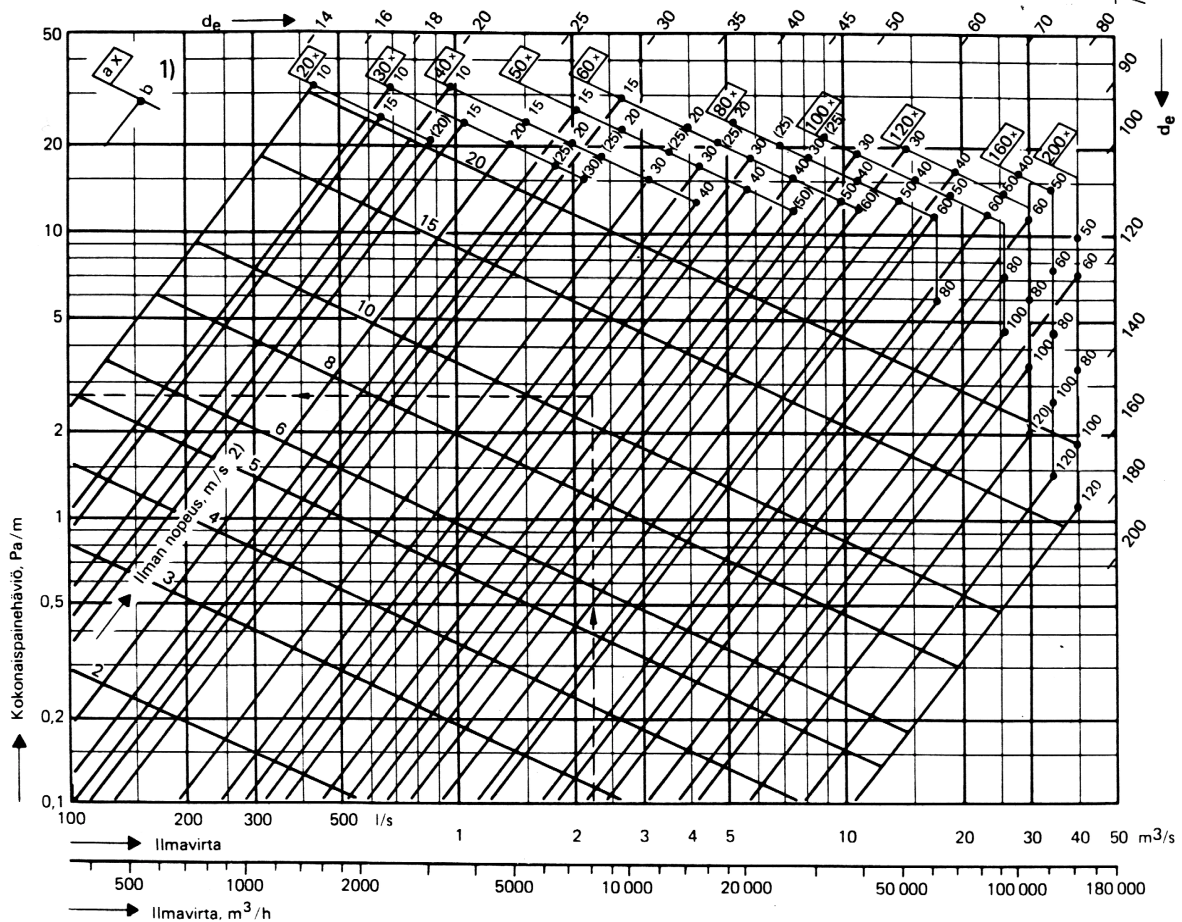
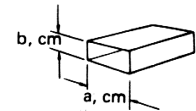


KUVA 20.2b. Painehäviö pyöreässä kanavassa.

PAINEHÄVIÖKÄYRÄSTÖT

Suorakaidekanava BFRT (kts. luett.osa C 30)

$$\text{Ekvivalentti halkaisija } d_e = \frac{1,3 (a \times b) 0,625}{(a + b) 0,25}$$



KUVA 20.2c. Painehäviöt suorakaidekanavassa.

Puhaltimet

Puhaltimen kokonaispaine p_t = kokonaispaineen ero imu- ja paineaukossa.

Puhaltimen dynaaminen paine

$$p_d = \frac{v^2}{2} \cdot \rho,$$

jossa v = nopeus paineaukossa olettaen että se on vakio koko poikkipinnalla.Puhaltimen staattinen paine p_s on laskennallinen käsite.

$$p_s = p_t - p_d$$

Staattinen hyötysuhde

$$\eta_s = \frac{q \cdot \Delta p_s}{P},$$

jossa Δp_s = puhaltimen staattinen paine.

Kokonaishyötysuhde

$$\eta_t = \frac{q \cdot \Delta p_r}{P}$$

jossa Δp_t = puhaltimen kokonaispaine.

Puhaltimen akseliteho

$$P = \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \frac{q}{\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]} \cdot \frac{\Delta p_t}{[\text{Pa}]} \quad [\text{kW}]$$

Puhallinkäyrästöjen ilmoittamat arvot pätevät silloin, kun käyrästöissä ilmoitettu kaasun tila vallitsee imuaukossa.

Geometrisesti yhdenmuotoisille puhaltimille (saman sarjan eri suuruuksille) ja puhaltimen työskennellessä laitoksessa, jonka kuvaaja ei muutu (= samalla kuristuksella) pätee seuraava yhtälö

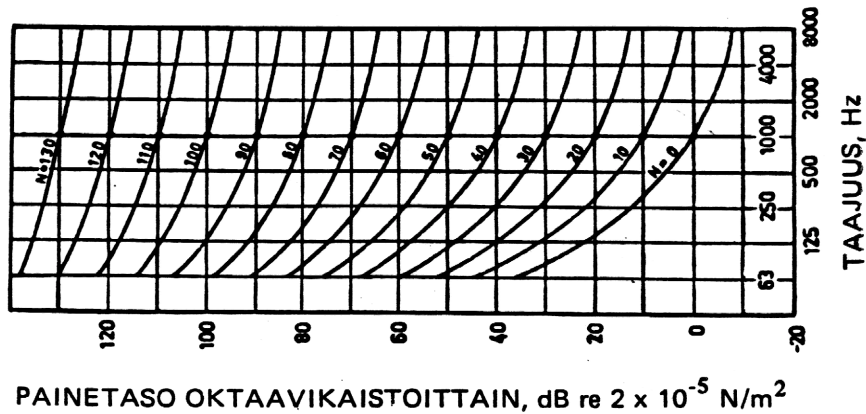
$$\frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{B_1}{B_2} \right)^x$$

Taulukko 20.2g. Yhdenmuotoisten puhaltimien muunnoskaavan eksponentti x.

A	B	D	n	ρ	T
q		3	1	0	0
p		2	2	1	-1
P		5	3	-1	-1

- D = puhaltimen koko,
- n = puhaltimen kierrosluku,
- ρ = kaasun tiheys,
- T = kaasun abs. Lämpötila,
- q = puhaltimen tilavuusvirta,
- p = puhaltimen kokonaispaine,
- P = puhaltimen akseliteho
- x = eksponentti, joka saadaan oheisesta taulukosta 20.2g.

MELUKRITERIOKÄYRÄT



KUVA 20.2d. Melukriteeriokäyrät.

Taulukko 20.2h. Ohjearvoja eri tiloille.

Tilan käyttö	Kriteeriokäyrän numero
Radiostudio	15
Suurin vaatimus, joka voidaan asettaa tavanomaiselle erittäin hiljaisella alueella sijaitsevalle huoneelle, jonka ikkunat ovat kiinni	20
Makuuhuone, potilashuone, televisiostudio, konserttisali, teatteri	25
Kirkko, elokuvateatteri, pieni toimistohuone, lukuhuone, luokahuone, luentosali, neuvotteluhuone	30
Keskikokoinen toimistohuone, liikehuone, kokoussali, hiljainen ravintola	35
Yläraja keskittymistä vaativassa henkisessä työssä	40
Suuri ravintola, pieni konekirjoitushuone	45
Urheiluhalli	50
Suuri konekirjoitushuone	55
Yläraja tavanomaisessa toimistotyössä	60
Tehdastila	65
Raja, jonka ylittäminen voi aiheuttaa kuulovaurioita	80

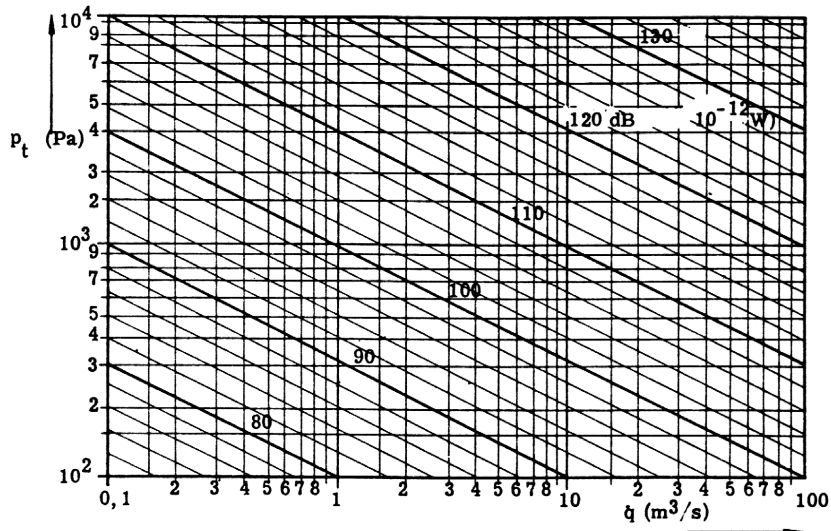
PUHALLINMELU

Puhaltimen äänentaso voidaan laskea likimääräiskaavasta

$$L_p = 40 + 10 \log q \text{ (m}^3/\text{s)} + 20 \log p_t \text{ (Pa)}$$

dB, perustasona 10^{-12} W

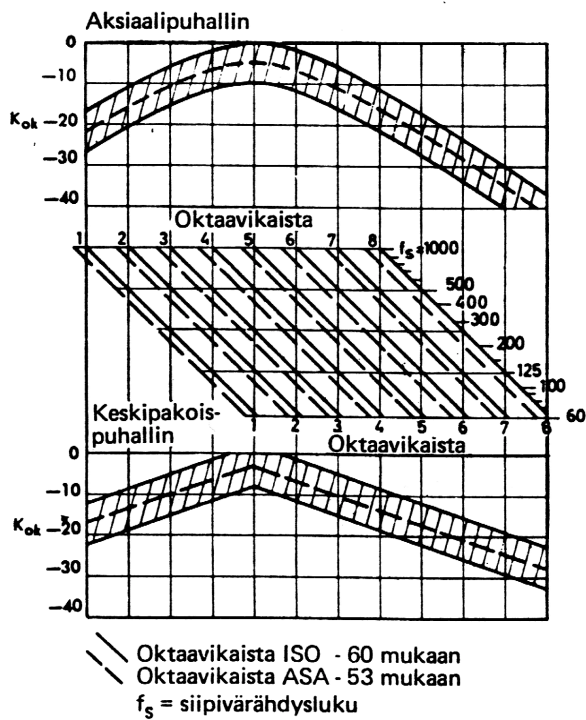
tai diagrammista 1



Ääniteho oktaavikaistoittain on

$$L_{p_{ok}} = L_p + K_{ok}$$

korjauskerroin K_{ok} saadaan diagrammista 2



KUVA 20.2e. Puhallinmelu.

Taulukko 20.2j. Teollisten poistokaasujen pölypitoisuuksia normaalitilassa
0 °C ja 1013 mbar.

Hiiliarinakattila	2 - 5	g / m ³
Hiilipölykattila	5 - 15	»
Öljykattila	0,1 - 1	»
Soodakattila	2 - 15	»
Meesauuni	4 - 15	»
Sulfiittilipeäkattila	5 - 20	»
Asfalttiaseman kuivausrumpu	15 - 150	»
Sementtiuuni	2 - 35	»
Sementtimylly	4 - 25	»
Sintrausuuni	4 - 15	»
Valokaariuuni	4 - 15	»
Roskanpolttolaitokset	4 - 15	»
Turvekattila	5 - 15	»

Taulukko 20.2k. Pölypitoisuus ulkoilmassa.

Meren pinnan yläpuolella n. 1000 km rannasta	0 µg / m ³
Maaseutuilma	50 µg / m ³
Kaupunki-ilma	
20.000 asukasta	keskiarvo 70 µg / m ³
400.000 »	» 100 µg / m ³
3 000 000 »	» 150 µg / m ³

Taulukko 20.2l. Teollisten poistokaasujen hiukkaskokoja SMS 2027:n mukaan.

Polttoaine	Jäännös- % seulauksessa putoamisnopeudella		Huomautus
	0,1 cm/s	10 cm/s	
Hiilipöly	86	30	Normaalikäyttö Nuohous
Öljy	80	6	
Öljy	91	18	
Puujäte	93	52	Suuri laitos Pieni laitos Lodbyuuni
Roskat	94	46	
Roskat	84	10	
Sulfiittilipeä (Ca, Mg, Na)	82	7,5	