



Planering av ventilation i höga hus med skorstenseffekt

Mathias Sandberg

Examensarbete
Distribuerande Energisystem
2018

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	6542
Författare:	Mathias Sandberg
Arbetets namn:	Planering av ventilation i höga hus med skorstenseffekt
Handledare (Arcada):	DI Kim Skön
Uppdragsgivare:	Oy PQR Consult AB
Experthandledare:	Ing. (HYH) Eetu Laaksonen
Sammanfattning:	
<p>Höga byggnader är ännu ovanliga i Finland men allt fler har börjat byggas speciellt i huvudstadsregionen. Eftersom de ännu är så ovanliga i Finland så finns det ännu inte så bra kunskap om vilka problem som kan vara förknippade med dem och hur man skall planera dem på rätt sätt. Detta examensarbete tar upp vilka problem som uppstår och kan användas som en modell då man planerar liknande byggnader. I höga byggnader uppstår vissa problem med ventilationen på grund av skorstenseffekten. Skorstenseffekten är ett fenomen som uppstår i höga byggnader då utomhustemperaturen är kallare än inomhustemperaturen. Skorstenseffekten ger upphov till att luften börjar röra sig uppåt i byggnaden p.g.a. tryckskillnader. I höga byggnader där man har både till- och frånluft anses skorstenseffekten vara negativ eftersom den ändrar på våningarnas luftflöden och fläktarnas energiförbrukning. I detta examensarbete har man undersökt hur skorstenseffekten påverkar ett ventilationssystem i ett 13 våningar högt bostadshus. För att räkna ut hur mycket luftflödena förändras i de olika våningarna har man använt en formel där man tar i beaktande skorstenseffektens tryckskillnad och ventilationskanalens totaltryck. Som resultat erhöles att tilluftsflödet ökar i den översta våningen och sjunker i den nedersta våningen. I frånluftskanalen blir det tvärtom, så att frånluftsfödet minskar i den översta våningen och ökar i den nedersta våningen. Man undersökte också hur mycket fläktarnas energiförbrukning förändras då skorstenseffekten påverkar systemet. Resultatet blev att tilluftsfläkten måste arbeta mera och frånluftsfäkten mindre men eftersom tilluftsfläkten arbetar lika mycket mera som frånluftsfäkten mindre så blir aggregatets energiförbrukning ändå den samma året runt.</p>	
Nyckelord:	Ventilation, Skorstenseffekt, Högt hus, SFP-tal
Sidantal:	54 + 17
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	4.6.2018

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distribuerade energisystem
Identification number:	6542
Author:	Mathias Sandberg
Title:	Planering av ventilation i höga hus med skorstenseffekt
Supervisor (Arcada):	M. Sc Kim Skön
Commissioned by:	Oy PQR Consult AB
Expert supervisor	M.Sc. (UAS) Eetu Laaksonen
Abstract:	
<p>High rise buildings are still rare in Finland but more and more are being built especially in the capital region. Because they still are so rare in Finland, there isn't enough information of the problems that occur in them and how to design them correctly. This thesis takes up the problems that occurs and can be used as a model when planning similar projects. In high rise buildings some problems occur with the ventilation due to stack effect. Stack effect is a phenomenon that occurs in high rise buildings when the outside air is colder than the inside air. The stack effect causes the air to move upwards in the building due to pressure differences. In high rise buildings with mechanical supply and exhaust air the stack effect is considered negative because it changes the floors airflows and the fans' energy consumption. In this thesis I have studied how the stack effect affect a ventilations system in a 13-story building. To calculate how much the airflows changes in the different floors I have been using a formula that takes the stack effects pressure difference and the ventilation ducts total pressure in consideration. The result I got was the supply airflow increases in the top floor and reduces in the bottom floor. In the exhaust duct the exhaust airflow reduces in the top floor and increases in the bottom floor. I also studied how much the fans energy consumption change due to the stack effect. The result was that the supply fan works more and the exhaust fan works less but because the supply fan works as much more than the exhaust fan less the ventilation unit's energy consumption stays the same the whole year.</p>	
Keywords:	Ventilation, Stack effect, High rise building, SFP
Number of pages:	54 + 17
Language:	Swedish
Date of acceptance:	4.6.2018

INNEHÅLL

Sammanfattning

Abstract

Förord

Förkortningar

1	Inledning.....	6
2	Ventilation i höga bostadshus	7
2.1	Olika ventilationssystem i höga byggnader.....	9
2.2	Centrerad ventilation.....	10
2.3	Våningscentrerad ventilation.....	12
2.4	Bostadscentrerad ventilation.....	13
2.5	Jämförelse av ventilationslösningarna.....	14
3	Flödesteknik och fläktar	16
3.1	Friktionstryckfall och engångstryckfall	18
3.2	Statiskt, dynamiskt och totalt tryck i till- och frånluftskanaler	21
3.3	SFP-tal	24
3.4	Affinitetslagar för fläktar	26
4	Skorstenseffekt.....	27
5	Projektbeskrivning	31
5.1	Ventilationsaggregatet	31
5.2	Kanalsystemen	37
6	Skorstenseffektens inverkan i stigarkanalerna	41
6.1	Skorstenseffektens inverkan på luftflödena	42
6.2	Skorstenseffektens inverkan på SFP-talet.....	46
7	Slutsatser	52
8	Sammandrag.....	53
	Källor	54

Bilagor

FÖRORD

Detta examensarbete har jag fått som uppgift av Oy PQR Consult AB där jag för tillfället också jobbar. Företaget sysslar både med VVS- och el planering till olika projekt runt om i Finland. Projekten varierar allt från små renoveringsprojekt till stora nybyggen. Detta examensarbete kan användas som ett hjälpmedel vid planering av ventilation i liknande projekt.

Jag vill speciellt tacka företaget Oy PQR Consult AB för att jag fått vara med i ett såhär stort projekt där jag har lärt mig mycket. Jag vill tacka Eetu Laaksonen för handledningen av detta examensarbete och för all information som jag behövt för att kunna slutföra detta examensarbete. Jag vill tacka min handledare Kim Skön från Yrkeshögskolan Arcada för all hjälp.

Jag vill också rikta ett stort tack till mina vänner och studiekamrater som hjälpt mig och hämtat in extra motivation till skrivandet.

Helsingfors, 31.5.2018



Mathias Sandberg

FÖRKORTNINGAR

D2	Finlands byggbestämmelsesamling för byggnaders inomhusklimat och ventilation. Föreskrifter och anvisningar 2012
MagiCAD	Ett CAD Planeringsprogram för VVS-system.
CAD	Computer-Aided Design, ett digitalt ritprogram.
Schakt	En lodrät öppning i en byggnad där t.ex. ventilationskanaler rör sig mellan våningarna.

1 INLEDNING

Höga hus är ännu ovanliga i Finland men de senaste åren så har allt flera höga hus börjat synas speciellt i huvudstadsregionen. För tillfället så byggs det två stycken 12 vånings bostadshus i Böle och i Fiskehamnen byggs det också två stycken skysrapor där den ena kommer att bli Finlands högsta bostadshus och är nästan 132 meter högt. /9, 10/

I höga hus uppstår vissa problem med ventilationen på grund av skorstenseffekten som man kommer att gå mera in på i detta examensarbete. I Finland är planering av ventilation i höga hus ännu så nytt och det finns inte riktigt regler eller handböcker för hur man egentligen skall göra det.

I detta arbete behandlas problem med ventilationen i höga hus och olika ventilationslösningar jämförs med varandra. Vidare undersöks hur skorstenseffekten påverkar luftflöden och fläktars energiförbrukning våningsvis.

Syftet med detta slutarbete är att få en liten inblick i hur man skall planera ventilation i höga hus och framhäva hur skorstenseffekten påverkar olika ventilationssystem

2 VENTILATION I HÖGA BOSTADSHUS

Ventilationens uppgift är att upprätthålla ett hälsosamt och trivsamt inomhusklimat i byggnaden. Ventilationen ser till att avlägsna orenheter som förekommer i inomhusluften som t.ex. fukt och koldioxid.

Vid planering av ventilation används vissa riktvärden för att upprätthålla ett gott inomhusklimat:

- inomhustemperaturen skall allmänt vara 21 °C
- temperaturen skall inte överstiga 25 °C
- koldioxidhalten skall hållas under 2160 mg/m³ (1200 ppm)
- inneluftens fukthalt skall inte vara skadligt hög långa tider
- ljudnivåerna skall inte vara för höga

Vid dimensionering av luftflöden i bostadshus så brukar man i första hand utgå ifrån personantalet men ifall man inte har tillräckligt med information om det så kan man dimensionera enligt bostadens area. Då man dimensionerar enligt personantalet i byggnaden så används uteluftsflödet 6 dm³/s per person och då man dimensionerar enligt arean så används uteluftsflödet 0,35 (dm³/s)/m². Dessa värden är minimiuteluftsflöden enligt D2.

Ventilationen skall kunna styras så att det forcerade luftflödet är minst 30 % större än det dimensionerade flödet. När ingen vistas i byggnaden så kan luftflödet minskas med högst 60 % av det dimensionerade luftflödet.

Tilluften skall filtreras med luftfilterklassen F7 som motsvarar att den separerar minst 80 % av partiklar med storleken 1,0 µm under dess livslängd.

I bostadshus så skall det komma in tilluft i alla rums vistelsezoner utan att det blir drag och därför så befinner sig tilluftsdonen i sovrummen och vardagsrummet. Ifall det finns en bastu i bostaden så skall det också finnas ett tilluftsdon där. Tilluftsdonen skall vara riktade så att luften kommer åt hela vistelsezonen.

Frånluftsdonen i bostadshus måste finnas i åtminstone kök, badrum, wc och klädrum/förråd. Förorenad luft från dessa utrymmen får inte strömma in tillbaka till vistelsezonerna.

Den godtagbara avvikelserna dimensionerade luftflöden systemvis är $\pm 10\%$. I avvikelserna så räknas även mätfelet med. /1/

Tabell 1: Riktvärden för dimensionering av luftflöden i bostadshus. /1/

Tabell 1. Bostadsbyggnader

Ventilationen för bostäder dimensioneras i allmänhet med tabellens frånluftflöden som grund så att luftväxlingskoefficienten för bostäder är minst 0,5 1/h och uteluftflödet uppnår minst riktvärdena. Frånluftflöden för små lägenheter dimensioneras i allmänhet mindre än riktvärdena så att luftväxlingskoefficienten är högst 0,7 1/h under den tid då bostaden används och forceringen av frånluftflödet kan styras rums- eller lägenhetsvis efter behov. Om forceringen av frånluftflödet endast kan styras byggnadsvis kan frånluftflöden för små lägenheter dimensioneras mindre än riktvärdena så att luftväxlingskoefficienten är minst 1,0 1/h. Frånluftflöden i stora lägenheter dimensioneras i allmänhet större än riktvärdena för att det rumsspecifika uteluftflödet ska följa riktvärdet och lägenhetens luftväxlingskoefficient ska vara minst 0,5 1/h.						
Utrymme/användning	Uteluftflöde (dm ³ /s)/pers	Uteluftflöde (dm ³ /s)/m ²	Frånluft- flöde dm ³ /s	Ljudnivå L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Luft- hastighet vinter m/s	Obs!
Bostadsutrymmen:	6					
Bostadsrum		0,5		28/33 *	0,20	*C1 föreskr.
Kök		#S	8 #A	33/38 *	0,20	*C1 föreskr.
- forcering		#S	25	33/38	0,20	
Klädkammare, förrådsrum		#S	3	33/38		
Badrum		#S	10 #B	38/43	0,20	
- forcering		#S	15	38/43	0,20	
Toalett		#S	7 #B	33/38		
- forcering		#S	10	33/38		
Hemvårdsrum		#S	8	33/38	0,30	
- forcering		#S	15	33/38	0,30	
Lägenhetsbastu		2 #C	2/m ² #C	33/38		
Allmänna utrymmen:						
Trapphus		0,5 1/h	0,5 1/h	38/43		
Förråd		0,35	0,35 /m ²	43/48		
Kalkällare (även kylrum i lägenhet, om arean > 4m ²)		0,2	0,2 / m ²	43/48		
Omklädningsrum		2	2 / m ²	33/38	0,20	
Tvätttrum		3	3 / m ²	43/48	0,20	
Basturum		2	2 / m ²	33/38		
Tvättstuga		1	1 / m ²	43/48		
Torkrum		2 #D	2 / m ² #D	43/48		
Hobbyrum, klubbtrum		1 #E	1 / m ² #E	33/38	0,20	
# A Riktvärde då luftflödet i spiskåpan kan forceras rums- eller lägenhetsvis, i annat fall är riktvärdet för spiskåpa 20 dm ³ /s. # B Riktvärde då luftflödets forcering kan styras rums- eller lägenhetsvis, i annat fall är riktvärdet enligt forcerat luftflöde. # C Dock minst 6 dm ³ /s. Luftflödet i bastun beaktas inte vid beräkning av lägenhetens luftväxlingskoefficient om bastuns uteluftflöde är lika stort som frånluftflödet. # D Kan dimensioneras mindre då luftavfuktare används. # E Förutsätter möjlighet till vädring, annars 1,5 (dm ³ /s)/m ² . # S Uteluftflöde ersätts i allmänhet med uteluftflöde som leds från bostadsrum.						

2.1 Olika ventilationssystem i höga byggnader

När man skall planera ventilation i höga byggnader så är det många saker som man måste tänka på för att få systemet att fungera på bästa möjliga sätt. Saker som man skall tänka då man planerar ventilation i höga byggnader:

- kostnad
- husets uppbyggnad och arkitektur
- ventilationskrav i byggnaden
- ljudkrav
- energianvändning
- service och åtkomst
- brandsäkerhet
- servicekostnader

Det finns många olika lösningar för att planera ventilationen men ofta så är det en eller flera av de ovan nämnda sakerna som medför att man måste planera ventilationen på ett visst sätt.

När man börjar planera en hög byggnad så skall man så snabbt som möjligt komma överens om vilket ventilationssystem man kommer att välja eftersom det krävs så mycket utrymme för det. Det är viktigt att hela planeringsteamet vet om vilket system som skall planeras eftersom det påverkar byggnadens arkitektur och hållfasthet.

En ventilationslösning är att man har ett centralt aggregatrum, oftast på översta våningen, som förser hela byggnaden med luft. Denna lösning är vanlig i höghus med färre än 20 våningar.

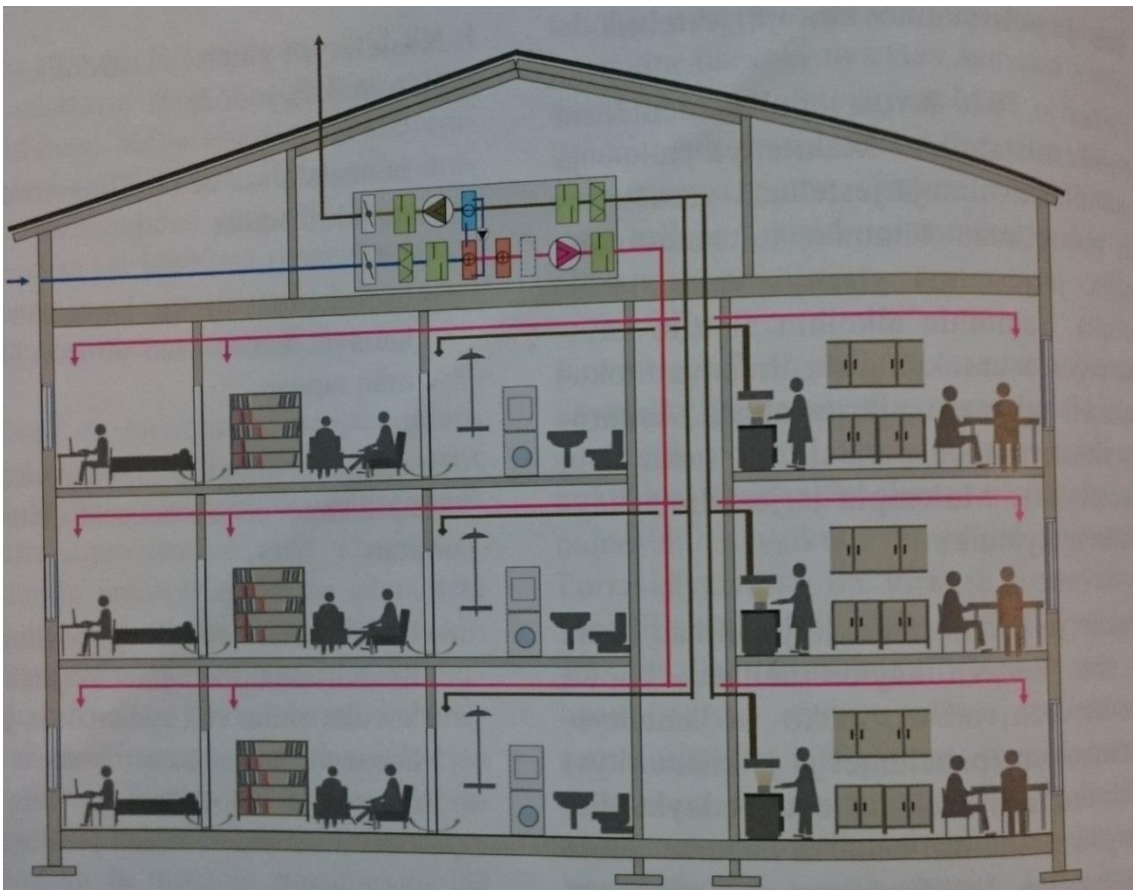
En liknande lösning är att man delar upp bygganden i mindre delar så att t.ex. ett aggregat betjänar de översta våningarna och ett annat betjänar de nedersta våningarna. Det kan finnas flera aggregatrum i byggnaden beroende på hur högen är. Denna lösning är vanlig i höga byggnader med flera våningar (fler än 15).

Den andra lösningen som används mycket i skyskrapor är att man har ett aggregatrum per våning där varje aggregat sköter om sin egen våning

Den tredje lösningen är att varje bostad har ett eget aggregat, och denna lösning som också används i höga bostadshus används även mycket i radhus och mindre höghus. /2 s. 37-42/

2.2 Centrerad ventilation

Man kan ha ett eller flera centrala aggregatrum i byggnaden beroende på hur hög den är men principen är ändå densamma. Det kan också byggas på olika sätt beroende på hur byggnaden ser ut och vad det är för byggnad. Detta system byggs så att till- och frånluftskanalerna sprider ut sig horisontellt till alla våningar via ventilationsschakt (figur 1).



Figur 1. En bild av ett centrerat ventilationssystem. /12, s.124/

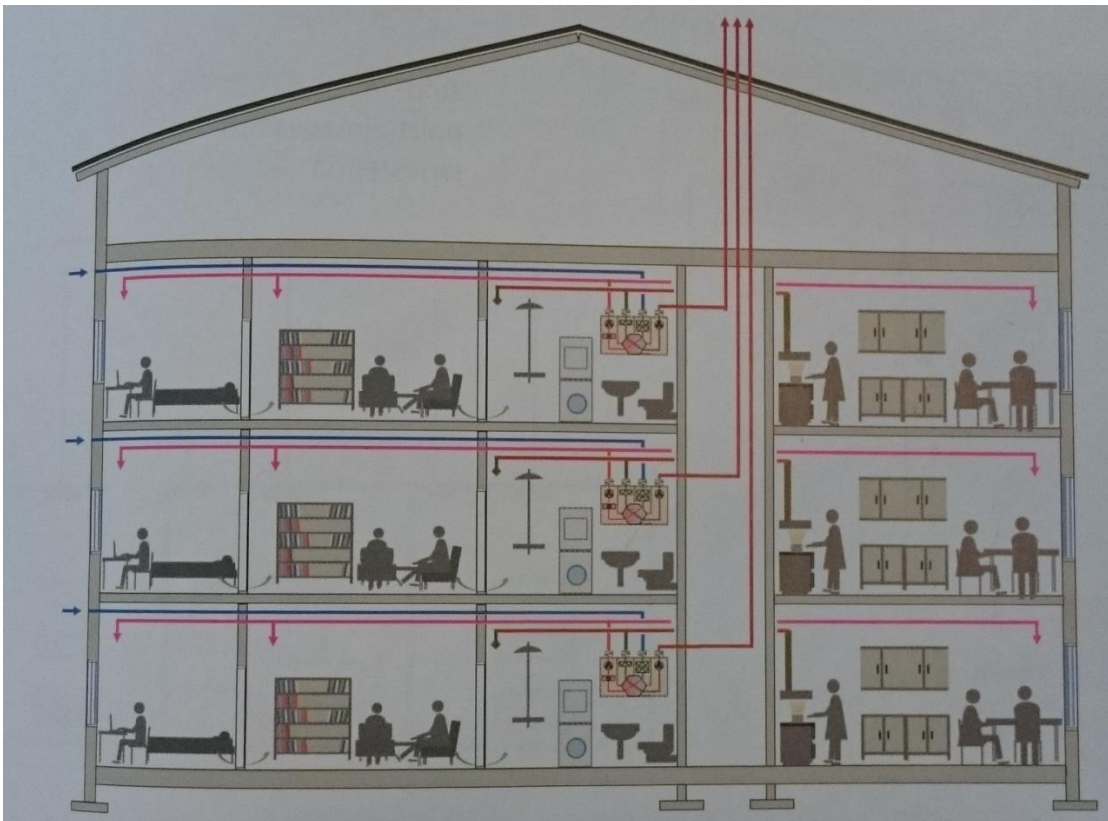
Tilluftskanalen delar sig till alla utrymmen och sprider luften enligt behovet. Frånluftskanalen suger åt sig den förbrukade luften och för den tillbaka till aggregatrummet. Ofta så tar man till vara frånluftens värme via en värmeväxlare i aggregatet för att minska tilluftens uppvärmningskostnader.

Ifall byggnaden har en stor våningsyta så brukar man sprida ut kanalerna längs aggregatrummet så att alla bostäder eller utrymmen som finns nedanför får en egen stigarkanal som kan justeras till det önskade flödet. Denna lösning gör att det är ganska enkelt att ställa in luftflödena till alla stigare eftersom alla huvudreglerspjäll befinner sig på samma ställe. Denna lösning kräver också ganska mycket utrymme eftersom alla kanaler skall spridas ut längs rummet.

En annan lösning är att man bara har en stor luftkanal som går ner någonstans i byggnaden och så delar den sig i varje våning. Denna lösning används t.ex. i byggnader som har en relativt liten våningsyta. Med den här lösningen så ställer man in luftflödena i kanalen våningsvis med reglerspjäll som befinner sig i varje våning. /2, s.43-60/

2.3 Våningscentrerad ventilation

Det finns också många olika varianter av våningscentrerad ventilation men den bygger på att det finns ett skilt aggregat per våning (figur 2). Aggregatet placeras ofta vid en yttervägg så att aggregatet lätt får in uteluft och kan avlägsna den förbrukade luften. Fördelen med att ha ett skilt aggregat per våning är att det är lätt att ställa in luftflödena jämfört med att ha ett centralt aggregat. Men denna lösning tar också mycket utrymme eftersom aggregatet behöver ett eget rum i varje våning. Oftast går ventilationskanalerna i korridorerna till alla bostäder och därför måste man bygga ett undertak i varje korridor så att kanalerna inte blir synliga. /2, s.43-60/

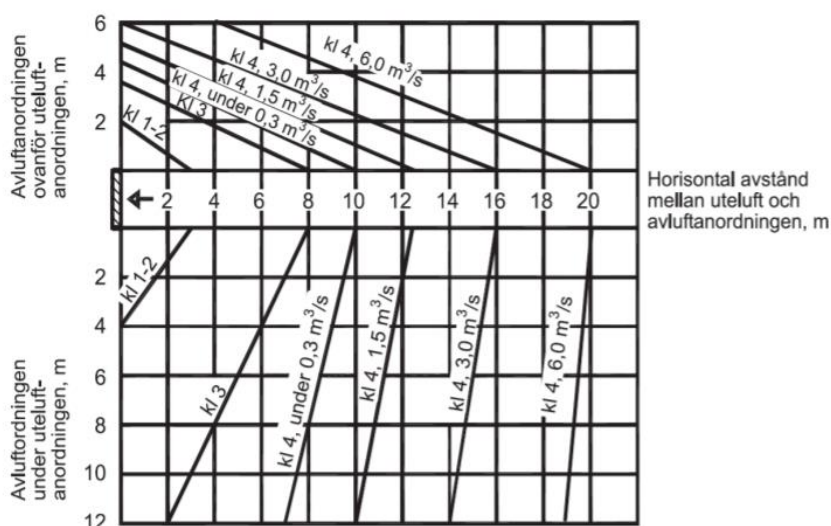


Figur 2. Bild av ett våningscentrerat/bostadscentrerat ventilationssystem. /12, s.125/

2.4 Bostadscentrerad ventilation

Bostadscentrerad ventilation är ett system där varje bostad har ett eget litet ventilationsaggregat. Denna lösning är ganska vanlig i mindre hus som radhus och mindre höghus men har också använts i höga hus. Aggregaten är utrustade med en egen värmeväxlare och placeras oftast i WC:n eller klädrummet. Detta betyder att varje lägenhet skall ha en egen utelufts- och avluftsventil. Uteluften tas vanligtvis in från väggen medan avluften förs upp till vattentaket.

I höga hus kan denna lösning vara lite problematisk eftersom det finns så många bostäder där varje bostad skall ha sina egna utelufts- och avluftsventiler. Enligt D2 så finns det regler för hur långt ifrån varandra utelufts- och avluftsventiler måste vara (figur 3). En lösning är att leda upp alla avluftskanaler till vattentaket och ta in uteluften från bostädernas väggar för att få tillräckligt med avstånd mellan dessa. Men denna lösning är inte den bästa i höga hus eftersom det blir jätte långa avluftskanaler. En annan lösning som kanske lämpar sig bättre i höga hus är att ta in uteluften från ena sidan av huset och leda ut avluften till andra sidan huset, då blir avståndet mellan ute- och avluften tillräckligt stort och då blir avluftskanalerna inte lika långa. /3, s. 465-468/



Figur 3. Avståndet mellan utelufts- och avluftsöppningarna. /1/

2.5 Jämförelse av ventilationslösningarna

Det finns många för- och nackdelar med de olika lösningarna men de kan variera från projekt till projekt eftersom alla ventilationssystem är byggda på sitt eget sätt. Denna jämförelse är därför bara riktgivande.

Centrerad ventilation

Fördelar

- all teknik på samma ställe
- energieffektivt
- ljudtekniskt bra
- lättåtkomligt
- små servicekostnader

Nackdelar

- behöver en extra våning
- komplexa kanalsystem
- måste beakta skorstenseffekten
- svårt att balansera systemet

Våningscentrerad ventilation

Fördelar

- lätt att balansera systemet
- behöver inte ta skorstenseffekten i beaktande
- brandsäkert
- enkla kanalsystem

Nackdelar

- Ljudtekniskt dålig
- Behöver skilda utelufts – och avluftsventiler
- Höga servicekostnader

Bostadscentrerad ventilation

Fördelar

- lätt att balansera systemet
- behöver inte ta skorstenseffekten i beaktan
- brandsäkert
- enkla kanalsystem

Nackdelar

- höga servicekostnader
- behöver skilda utelufts – och avluftsventiler

/2, s. 43-60/

3 FLÖDESTEKNIK OCH FLÄKTAR

Det finns många saker som skall beaktas då man planerar ventilationskanaler och här är de viktigaste:

- energieffektivt och lätt justerbart
- lufttätt
- ljudtekniskt stabilt
- flödestekniskt stabilt
- skall fungera med olika luftflöden
- brandsäkert
- lätt att använda (service, lättåtkomligt)
- estetiskt

Det kan också vara bra att planera ventilationskanalerna så att det lätt går att bygga om byggnaden utan att behöva byta ut hela ventilationssystemet. Man skall reservera gott med utrymme för ventilationskanalerna redan i början av planeringen så att det finns utrymme för isolering och montering. Ifall det inte finns tillräckligt med utrymme så kan det lätt gå så att det inte går att byggas enligt planeringen, vilket ofta leder till högre tryckfall och därigenom högre energikostnader.

Ventilationskanalerna och aggregatets tryckfall definierar ventilationssystemets energieffektivitet och därför skall kanalerna planeras med låga tryckfall och låga hastigheter. När luftflödet har låga hastigheter så är det också lätt att hålla ljudnivån inom de tillåtna gränserna och lätt att justera luftmängderna. /4, s. 87-88, 5. s. 115/

Det totala trycket i en ventilationskanal är ganska svårt att räkna ut för hand eftersom det baserar sig på så många olika faktorer, men det finns formler som man kan använda sig av och komma ganska nära det verkliga tryckfallet. Oftast så brukar man nuförtiden räkna ut kanalens totaltryck med hjälp av något program som t.ex. MagiCAD.

Kanalens totala tryckfall baserar sig på friktionstryckfallet i kanalerna och engångsmotstånden i de olika kanaldelarna.

Det som inverkar på friktionstryckfallet:

- luftens hastighet
- luftens viskositet
- kanalens storlek och form
- kanalens längd
- luftens densitet

Det som inverkar på engångsmotstånden:

- luftens hastighet
- kanalens formändring, tvärsnittsarea och geometri
- engångsmotståndens antal
- luftens densitet

Luftens hastighet i kanalen kan räknas ut med hjälp av luftens volym- eller massaström och kanalens tvärsnittsarea med formeln:

$$v = \frac{q_v}{A} = \frac{q_m}{\rho A} \quad [1]$$

där

v =luftens hastighet [m/s]

q_v =luftens volymström [m³/s]

q_m =luftens massaström [kg/s]

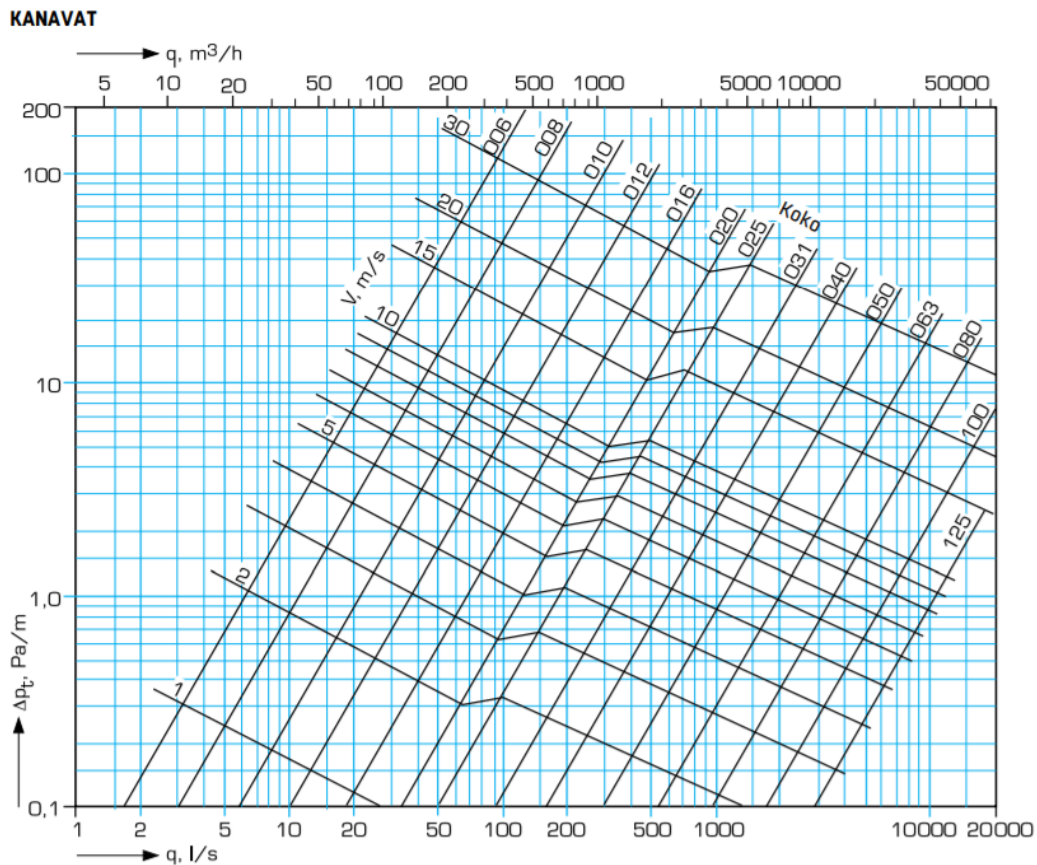
ρ =luftens densitet [kg/m³]

A =kanalens tvärsnittsarea [m²]

3.1 Friktionstryckfall och engångstryckfall

När luften flöds igenom kanalerna så bildas det ett friktionstryckfall som är beroende av hur grov kanalens yta är, hur stor kanalens tvärsnittsarea är och hur hög hastighet luften har. Oftast använder man plåtkanaler i ventilationssystem och de har en ganska slät yta på insidan så de har ett ganska lågt grovhetstal.

När man planerar ventilationskanalernas storlek så brukar man använda ett diagram där man vet luftflödet och friktionstryckfallet (figur 4). Vanligtvis så brukar man inte gå över 1,0 Pa/m. /4, s.88-89/



Figur 4. Diagram för dimensionering av kanalens storlek där x-axeln är luftflödet och y-axeln tryckfallet i kanalen. /11, s.52/

De totala tryckförlusterna kan beräknas med formeln:

$$\Delta p_{förlust} = \sum \Delta p_{\lambda} + \sum \Delta p_{\zeta} \quad [2]$$

där

$\Delta p_{förlust}$ = Kanalens totala tryckförlust [Pa]

Δp_{λ} = friktionstryckfallet på en kanaldel [Pa]

Δp_{ζ} = engångsmotståndstryckfallet vid en kanaldel [Pa]

Formeln kan ännu delas upp i mindre delar där man får att

$$\Delta p_{\lambda} = \frac{\lambda L}{d} 0,5 \rho v^2 \quad [3]$$

$$\Delta p_{\zeta} = \zeta 0,5 \rho v^2 \quad [4]$$

där

λ = friktionsmotståndskoefficient [-]

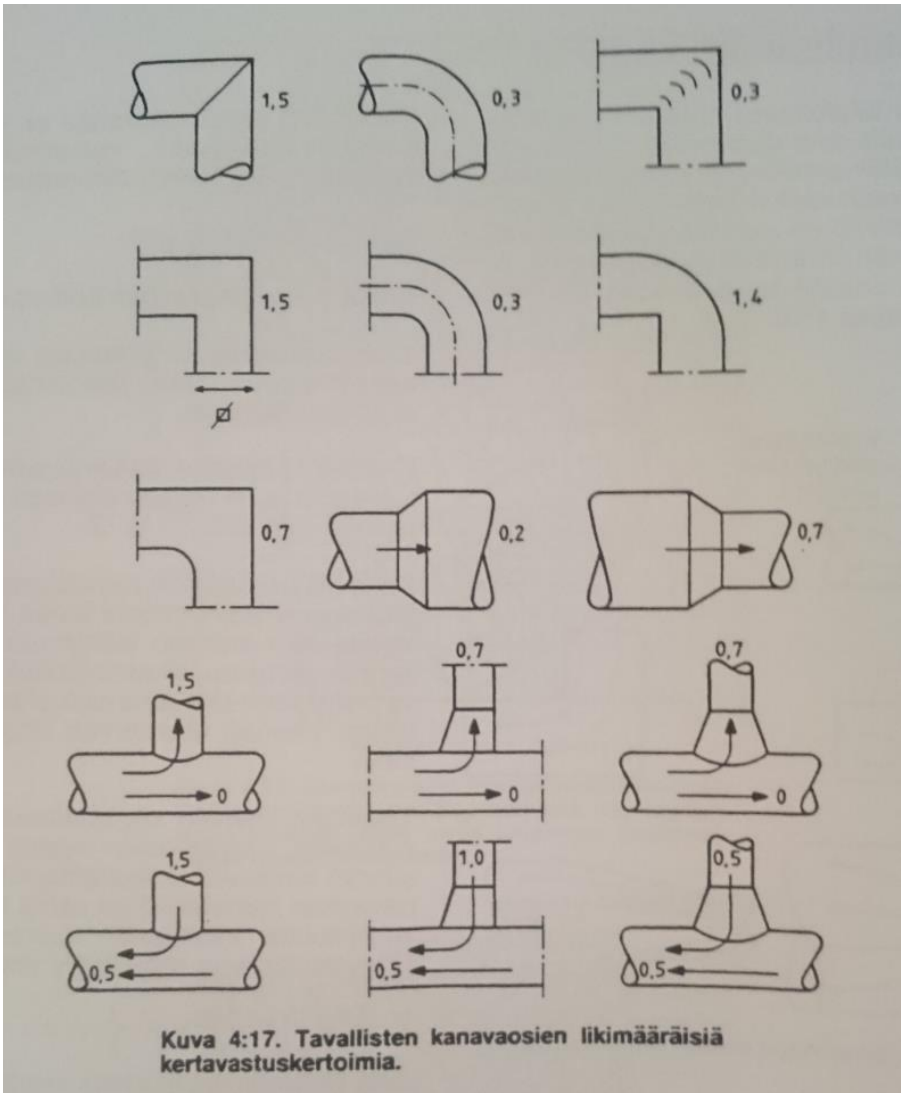
L = kanaldelens längd [m]

d = kanaldelens innerdiameter [m]

ζ = formändringens engångsmotståndstal [-]

För att kunna tillämpa denna formel så skall flödet vara turbulent och friktionsmotståndsfloendet skall vara konstant.

Alla kanaldelar och formändringar som t.ex. t-stycken, reglerspjäll och vinklar har ett eget engångsmotståndstryckfall. Engångsmotståndstalen är koefficienter och saknar därför enheter. Kanaldelarnas tryckfall kan räknas ut med formeln [4]. I figur 5 ses de vanligaste kanaldelarnas engångsmotståndstal. /4, s. 89-98/



Figur 5. De vanligaste kanaldelarnas engångsmotståndstal. /6, s. 100/

3.2 Statiskt, dynamiskt och totalt tryck i till- och frånluftskanaler

Det finns två tryckkomponenter som verkar i en ventilationskanal:

- det statiska trycket som antingen är ett över- eller undertryck i kanalen
- det dynamiska trycket som bildas då luften rör sig i kanalen

Det statiska trycket är det absoluta omgivningens tryckskillnad och verkar med samma kraft åt alla håll. Det dynamiska trycket verkar bara åt ett håll, alltså åt samma håll som luftens flödesriktning i kanalen.

I ett förlustfritt flöde så kan man använda Bernoullis ekvation där man får att det totala trycket är summan av det statiska och dynamiska trycket och kan räknas ut med formeln:

$$p_{tot} = p_{st} + p_{dyn} \quad [5]$$

I verkligheten så finns det dessutom tryckförluster i kanalerna som orsakas av friktion och engångstryckfall så det verkliga totaltrycket kan räknas ut med formeln:

$$p_{tot} - \Delta p_{förlust} = p_{st} + p_{dyn} \quad [6]$$

där

p_{tot} = kanalens totala tryck [Pa]

p_{st} = kanalens statiska tryck [Pa]

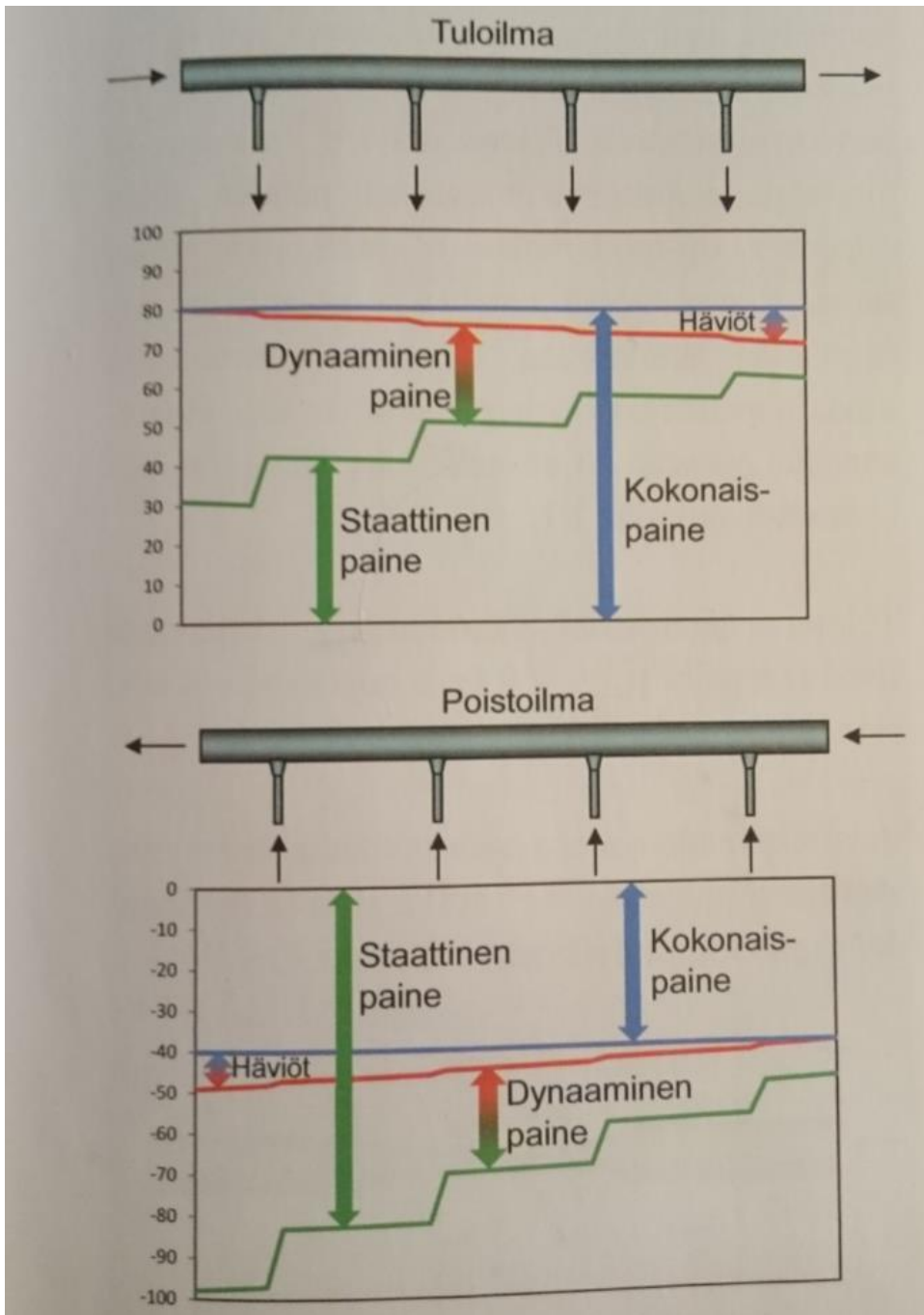
p_{dyn} = kanalens dynamiska tryck

Det dynamiska trycket kan räknas ut med formeln:

$$\Delta p_{dyn} = 0,5\rho v^2 = 0,5 \frac{q_v^2}{A^2} \quad [7]$$

$$\Delta p_{dyn} \sim q_v^2 \quad [8]$$

I figur 6 ser man en överblick på hur det statiska trycket, dynamiska trycket och tryckförlusterna ser ut i en till- och frånluftskanal. I tilluftskanalen så är det totala trycket positivt medan det är negativt i frånluftskanalen. Det totala trycket är mindre i frånluftskanalen eftersom det statiska trycket är negativt och det betyder alltså att det finns ett undertryck i kanalen som hjälper till att suga in luften. I tilluftskanalen är det statiska trycket positivt som betyder att det finns ett övertryck i kanalen och det försvårar luften för att trycka sig igenom kanalen. /4, s. 89, 98-99/



Figur 6. Statiska och dynamiska trycket i till- och frånluftskanaler. /4, s.99/

3.3 SFP-tal

SFP-talet (Specific Fan Power) är ett tal som beskriver elenergieffekten i ett ventilationssystem. Det finns många olika SFP-tal som tar i beaktande olika saker i ventilationssystemet. Då man mäter hela ventilationssystemets specifika eleffekt så tar man i beaktande hela ventilationssystemets eleffekt, alltså alla fläktar, pumpar och hjälputrustning som använder ström. Då räknar man ihop alla fläktars och utrustningars eleffekt och delar det på hela ventilationsaggregatets dimensioneringsluftflöde, alltså det större luftflödet av till- eller frånluften. Det kan räknas ut med formeln:

$$SFP = \frac{P_{E,till} + P_{E,från}}{q_{v\ max}} \quad [9]$$

där

SFP = ventilationssystemets specifika eleffekt [kW/(m³/s)]

P_E = fläktens effektbehov inkl. reglerutrustning [kW]

$q_{v\ max}$ = det dimensionerade luftflödet [m³/s]

Då man räknar ut fläktens SFP-tal så tar man fläkten inklusive fläktens reglerutrustnings eleffekt och delar det på den behandlade luften som har gått genom fläkten. Fläktens SFP-tal kan räknas ut med formeln:

$$SFP_{FAN} = \frac{P_E}{q_v} = \frac{q_v \Delta p}{\eta_{FAN} q_v} = \frac{\Delta p}{\eta_{FAN}} \quad [10]$$

där

SFP_{FAN} = fläktens specifika eleffekt [kW/(m³/s)]

P_E = fläktens effektbehov inkl. reglerutrustning [kW]

q_v = fläktens luftflöde [m³/s]

η_{FAN} = fläktens inkl. reglerutrustnings verkningsgrad [-]

Fläktens eleffekt kan räknas ut med formeln:

$$P_E = \frac{q_v \Delta p}{\eta_{FAN}} \quad [11]$$

När man dimensionerar ventilationskanaler så är det viktigt att försöka ha så låga tryck som möjligt för att minska energiförbrukningen. Då man har ett system med höga tryckfall så måste fläkten arbeta mycket hårdare för att få ut samma luftmängd som i ett system med låga kanaltryckfall. /7, 4, s. 106-107/

3.4 Affinitetslagar för fläktar

Dessa formler visar ett samband mellan fläktens varvtal, luftflöde, tryck och effekt.

Med formel 12 så kan man se att luftflödet är direkt proportionellt mot fläktens varvtal. Det betyder att om luftflödet fördubblas så fördubblas också fläktens varvtal.

$$\frac{q_0}{q_1} = \frac{n_0}{n_1} \quad [12]$$

där

q = luftflödet [m^3/s]

n = varvtal [$1/\text{min}$]

Med formel 13 så kan man se att då varvtalet fördubblas så ökar trycket fyrfaldigt.

$$\frac{p_0}{p_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^2 \quad [13]$$

där

p = tryck [Pa]

Med formel 14 kan man se att då fläktens varvtal fördubblas så ökar fläktens effekt med 8-faldigt. /8/

$$\frac{P_0}{P_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^3 \quad [14]$$

där

P = fläkteffekt [W]

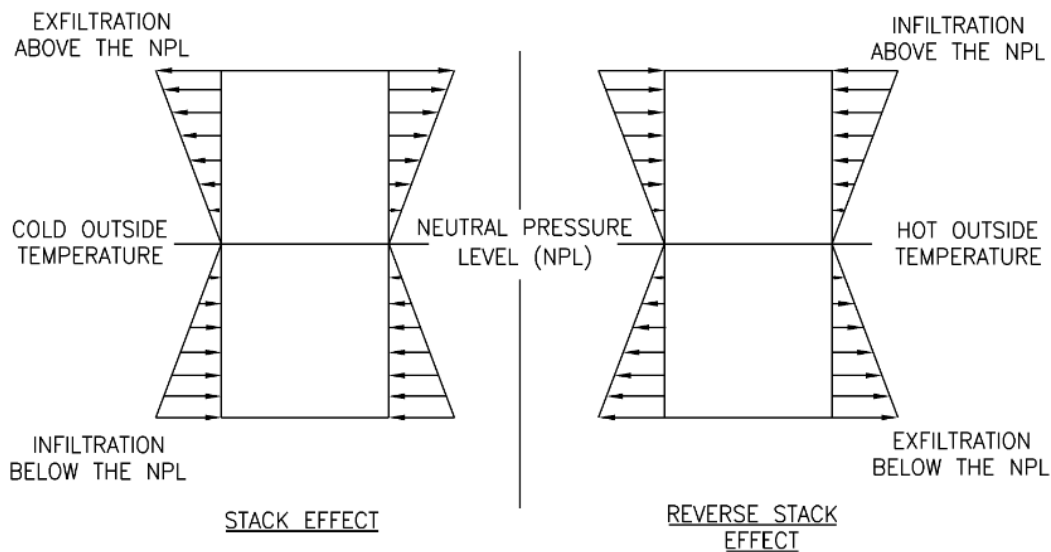
4 SKORSTENSEFFEKT

Skorstenseffekt eller "*stack effect*" som det heter på engelska är ett fenomen som förekommer i höga byggnader. Skorstenseffekten uppstår då det är stor temperaturskillnad mellan utomhus- och inomhusluften och det leder till att luften börjar röra sig uppåt och då bildas det en tryckskillnad i byggnaden. Orsaken till fenomenet är att det finns en densitetsskillnad mellan den kalla tätta luften utanför byggnaden och den varma tunna luften innanför byggnaden. Det betyder att luften söker sig in i byggnaden i den lägsta våningen och rör sig uppåt till den översta våningen där den försöker ta sig ut ur byggnaden. Den termiska tryckskillnaden som sker är direkt proportionell mot hur hög byggnaden är och hur stor temperaturskillnaden är innanför och utanför byggnaden. Vinden har också en ganska stor inverkan på hur stor skorstenseffekten blir men är ganska svår att ta hänsyn till i beräkningarna.

Skorstenseffekten kan också vara motsatt så att det finns en kraft som för luften neråt istället för uppåt. För att det skall ske så skall utomhusluften vara varmare än inomhusluften men i Finland så händer det ytterst sällan eftersom utomhusluften nästan aldrig når så höga temperaturer att det skulle ske en tillräckligt stor temperaturskillnad. Skorstenseffekten ger upphov till ett undertryck nere och ett övertryck uppe i byggnaden men någonstans i mitten av

byggnaden så finns det en så kallad neutral trycknivå (NPL) där trycket är likadant på båda sidorna av bygganden så att luften varken vill komma in eller fara ut. I praktiken är det nästan omöjligt att räkna ut den verkliga skorstenseffekten och att veta exakt var den neutrala trycknivån befinner sig.

Figur 7 är en skiss på hur luften rör sig i byggnaden beroende om det är kallt eller varmt utomhus. Bilden visar också att ju längre ifrån den neutrala trycknivån man kommer så desto större blir tryckskillnad i byggnaden. /2, s. 21-25/



Figur 7. Tryckskillnader i höga hus med skorstenseffekt. /2, s. 22/

Luften rör sig uppåt i byggnaden via olika schakt, trapphus och andra öppningar. Den teoretiska skorstenseffekten kan räknas ut med formeln:

$$\Delta p = \left(\frac{T_i - T_u}{T_u} \right) \rho_s g h \quad [15]$$

där

Δp = tryckskillnaden i schaktet [Pa]

T_i = inneluftens absoluta temperatur [K]

T_u = uteluftens absoluta temperatur [K]

ρ_s = inneluftens densitet [kg/m³]

g = normalaccelerationen vid fritt fall = 9,81 m/s²

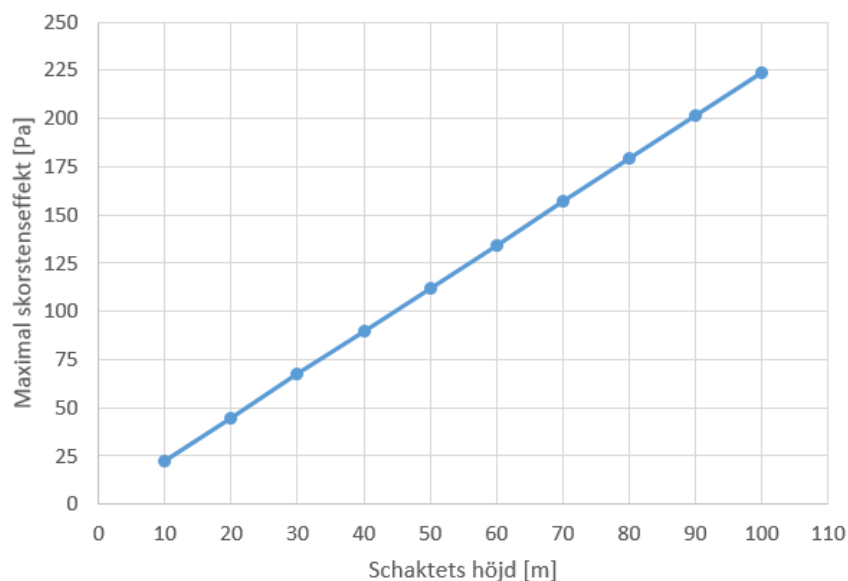
h = schaktets höjd [m]

Formeln anger den maximala tryckskillnadspotential som kan uppstå i ett schakt men i verkligheten är den mindre eftersom det finns så många faktorer som arbetar emot denna kraft som t.ex. hur tät byggnaden är och byggnadens arkitektur. Denna formel kan tillämpas i ventilationskanalerna då man vill veta hur stor

inverkan skorstenseffekten har vid en viss temperaturskillnad. Faktorer som inverkar på skorstenseffektens storlek:

- den termiska tryckskillnaden
- ventilationskanalens trycknivå
- ventilationskanalens täthet
- byggnadens ytterväggs täthet
- byggnadens innerväggars, golvens och dörrarnas täthet

Grafen i figur 8 är räknad med formel 9 och visar den högsta möjliga tryckskillnaden som kan uppstå på grund av skorstenseffekten som funktion av schakthöjden. Temperaturskillnaden är 47 grader och inneluftens densitet är 1,2 kg/m³.



Figur 8. Tryckskillnaden i ett schakt på grund av skorstenseffekten.

Då temperaturskillnaden är 47 grader (-26 grader ute och +21 grader inne) så bildas det en tryckskillnad på ungefär 15-20 Pa i ett 3-våningshus, 40-45 Pa i ett 6-våningshus och 60-65 Pa i ett 10-våningshus.

Luftflödesändringen i ventilationskanalen som orsakas av tryckskillnaden kan räknas ut med formeln

$$\frac{\Delta p_{vinter}}{\Delta p_{sommar}} = \left(\frac{q_{vinter}}{q_{sommar}} \right)^2 \quad [16]$$

Som kan skrivas om till

$$q_{vinter} = \sqrt{\frac{\Delta p_{vinter}}{\Delta p_{sommar}}} q_{sommar} \quad [17]$$

Skorstensenseffekten anses vara positiv i byggnader med självdragsventilation eller maskinell frånluft eftersom kraften delvis eller helt bidrar till att luften rör sig i byggnaden. I byggnader med maskinell till- och frånluft anses skorstenseffekten vara negativ eftersom det förändrar luftflödena i byggnaden. Den tillåtna luftflödesavvikelsen inom ett system är $\pm 10\%$ enligt D2 vilket betyder att ventilationen skall klara av att hålla nästan samma luftflöden oberoende av om det är sommar eller vinter. /4, s. 107-108/

5 PROJEKTBESKRIVNING

Projektet som man tänker använda som botten för den här undersökning är ett kvarter i Vanda som ännu är i planeringskedet. Kvarteret befinner sig vid Kivistö station och består av 3 byggnader med en gemensam innergård och en parkeringshall nedanför. I kvarteret finns det 327 stycken bostäder och 5 stycken affärsutrymmen på första våningen i byggnad 1.

Byggnad 1 är ett 12-vånings hus med en total area på 16 982 m².

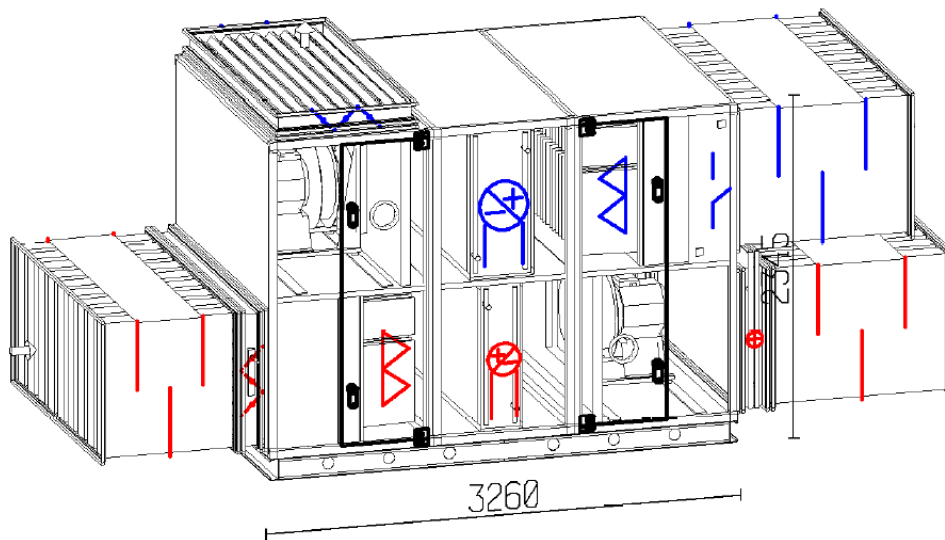
Byggnad 2 är ett 5-våningshus med en total area på 3 112 m²

Byggnad 3 är ett 6-våningshus med en total area på 7 956 m²

Byggnad 1 är indelad i två i delar, Graniitti och Zirkoni, där de båda delarna har sina egna VVS-system. Eftersom detta hus är så stort så tänker man begränsa detta slutarbete till bara ett aggregat som befinner sig i Graniitti i byggnad 1.

5.1 Ventilationsaggregatet

Man tänker fördjupa sig i ett av de stora aggregaten i Graniitti som betjänar hälften av Graniittis bostäder. Aggregatet har namnet G-G309TK01PK01 (figur 9) och det är också detta namn som man kommer att använda i detta slutarbete. En provkörning har gjorts med aggregatet redan i ett tidigt skede av planeringen för att få en uppskattning om aggregatets värden. Värdena är därför inte helt exakta utan är planerade med lite sämre värden än vad det i verkligheten kommer att vara. Genom att planera med lite sämre värden så kan man skydda sig som planerare. Ifall ventilationssystemet är byggt på ett sätt som orsakar lite mera tryckfall så finns det ännu lite säkerhet att använda.



Figur 9. Bild av ventilationsaggregatet G-G309TK01PK01.

Enligt aggregatets körning så har den fått värden som visas i figur 10.

Ilma/Puhallin data	Tuloilma	Poistoilma, imuaukko	Kone
Ilmavirta (1,205 kg/m³)	2.50	2.50	m³/s
Otsapintanopeus (kone)	1.19	1.19	m/s
Kanavistopaine	350	350	Pa
Puhaltimen pyörimisnopeus	1130	1137	r/min
Moottori; Jännite; Nimellisvirta, [A]	5.20; 3x400; 10.9	5.20; 3x400; 10.9	kW/V/A
Ympäristö	55 db(A)		
Suodatin Tuloilma / Poistoilma	F7 / F5		
Lämmitys, vesi	90.3 kW 50/30°C - 13.3 kPa - 1.10 l/s 1 1/4" / 1 1/4" KytKentäkkoko		
Energia	Dimensioning	Keskiarvo	Fans [kWh/year 8760 hours]
Lämmöntalteenotto (Kondensoiva / Kuiva)	76.0 % / 69.6 %	68.8 % / 62.8 %	
	Tuloilma : 2" / 2" - Poistoilma : 2" / 2"		
SFPv, puhtaat suodattimet ml. taajuusmuuttajat	1.74 kW/(m³/s)	1.34 kW/(m³/s)	29365 kW
SFPe, mitoitusuodattimet sis. taajuusmuuttaja	1.89 kW/(m³/s)	1.48 kW/(m³/s)	32442 kW
	2016	2018	
Hyväksytyt	Kyllä	Kyllä	



Figur 10. Aggregatets tekniska data.

Aggregatet har värdena 2,5 m³/s tilluft och 2,5 m³/s frånluft. Kanaltrycket har lagts till 350 Pa vilket är ganska högt men det säkerställer att det planerade kanalsystemet inte skall överstiga det värdet. Med dessa värden så har företaget Systemair räknat ut att aggregatet får ett SFP-tal på 1,74 KW/(m³/s) då aggregatet körs för fullt med rena filter. Ett medelvärde av aggregatets SFP-tal har räknats ut till 1,34 KW/(m³/s) med rena filter eftersom aggregatet inte körs med full effekt hela tiden. Ett annat SFP-tal har också räknats ut med smutsiga filter eller s.k. dimensioneringsfilter för att få ett mera realistiskt SFP-värde. Då aggregatet kör med full effekt med dimensionerings filter så får aggregatet ett SFP-värde på 1,89 KW/(m³/s). Medelvärdet med smutsiga filter blir då 1,48 KW/(m³/s).

Filtren brukar bytas ut 1 eller 2 gånger om året och det är bara i början som filtret är rent och sedan blir det smutsigare med tiden. Ju smutsigare filtret är så desto högre blir tryckfallet och desto högre blir också fläktens energiförbrukning så det lönar sig att byta ut filtren med jämna mellanrum.

På aggregatets tilluftssida så har det använts filterklassen F7 där tryckfallet är 32 Pa då filtret är rent och dimensioneringstryckfallet på filtret är 91 Pa. På frånluftssidan används ett filter med klassen M5 där tryckfallet är 28 Pa då filtret är rent och dimensioneringstryckfallet är 74 Pa.

På tilluftssidan är det totala tryckfallet 541 Pa då filtret är rent och där filtret står för 32 Pa. Då kan man räkna ut att filtret bara utgör 6 % av det totala tryckfallet. Med det dimensionerade filtret så blir det totala tryckfallet 600 Pa och då utgör filtret redan 15 % som är ganska mycket.

På frånluftssidan är det totala tryckfallet 578 Pa då filtret är rent och där filtret står för 28 Pa, då utgör filtret 5 % av det totala tryckfallet. Med det dimensionerade filtret så blir det totala tryckfallet 624 Pa och då utgör filtret 12 %.

Man kan räkna ut hur mycket mer effekt fläkten tar då man har ett rent och ett smutsigt filter. Uträkningen kan göras m.h.a. formlerna 15, 16 och 17.

Tilluft:

$$\frac{p_0}{p_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^2$$

$$\frac{541 \text{ Pa}}{600 \text{ Pa}} = \left(\frac{1130 \text{ r/min}}{n_1}\right)^2$$

Där man får att n_1 blir 1190 r/min.

$$\frac{P_0}{P_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^3$$

$$\frac{2,07 \text{ KW}}{P_1} = \left(\frac{1130 \text{ r/min}}{1190 \text{ r/min}}\right)^3$$

Där man får att P_1 blir 2,42 KW

Så det betyder att fläktens effekt ökar med 17 % då man har ett smutsigt filter.

Frånluft:

$$\frac{578 \text{ Pa}}{624 \text{ Pa}} = \left(\frac{1137 \text{ r/min}}{n_1}\right)^2$$

Där man får att n_1 är 1181 r/min

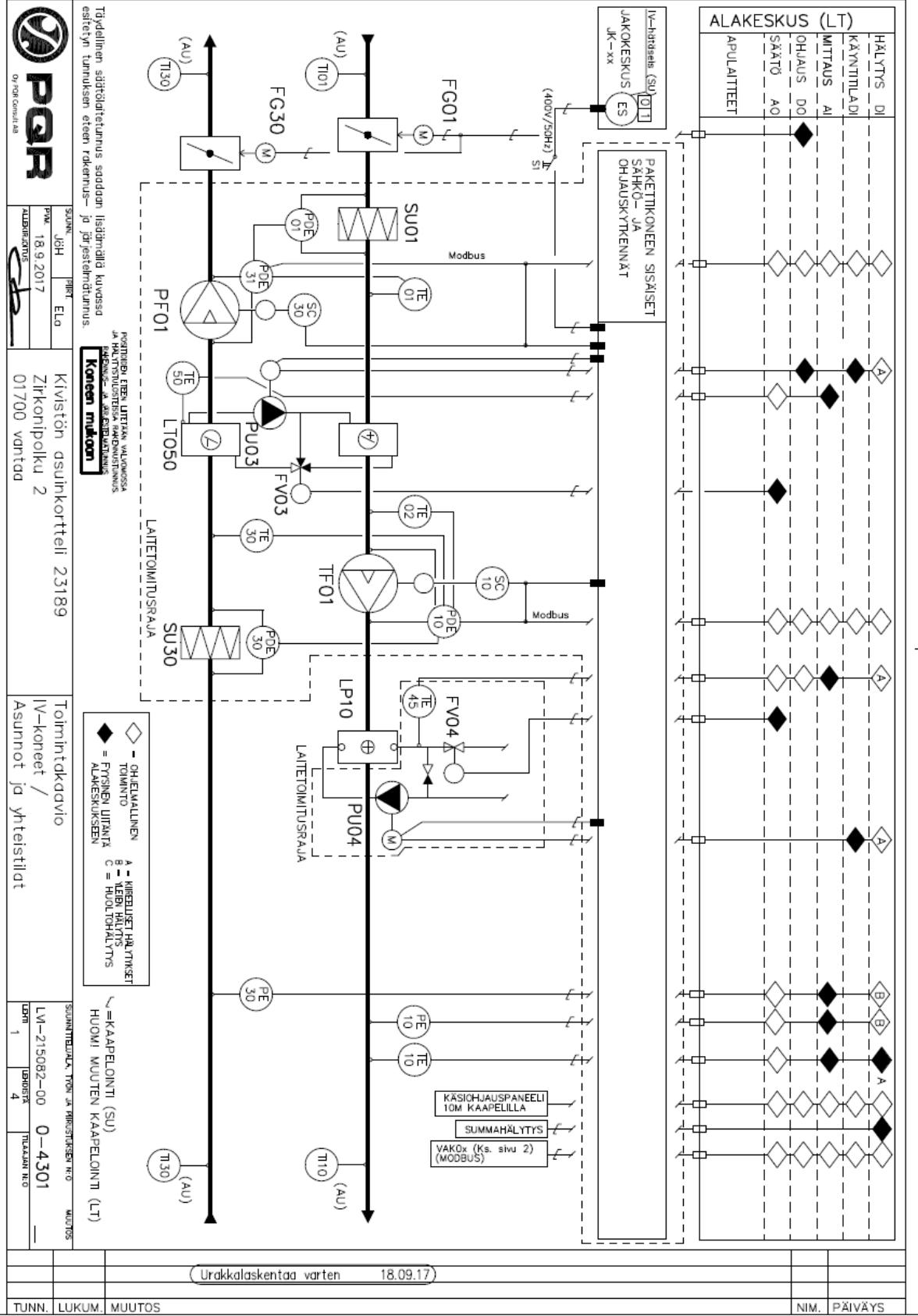
$$\frac{2,10 \text{ KW}}{P_1} = \left(\frac{1137 \text{ r/min}}{1181 \text{ r/min}}\right)^3$$

Där man får att P_1 blir 2,35 KW

Det betyder att fläktens effekt ökar med 12 % då man har ett smutsigt filter.

Figur 11 är ett funktionsschema för aggregatet G-G309TK01PK01. Tryckmätarna PE10 och PE30 mäter hela tiden hur stort kanalens totaltryck är. Tryckmätarna ser till att kanalens totaltrycket hela tiden är den samma som man har ställt in. Totaltrycket i kanalen ändrar hela tiden eftersom luftflödena i kanalerna ändrar hela tiden. Tryckmätarna är kopplade till "mittaus" och "sätö" som är kopplade till aggregatets fläktar. Då kanalens totaltryck ändrar så ger tryckmätarna en signal till fläkten att ändra på flödet tills totaltrycket är den samma som det inställda värdet.

På detta sätt så ser aggregatet till att luftflödena hålls ganska samma året runt även då när skorstenseffekten är som störst.

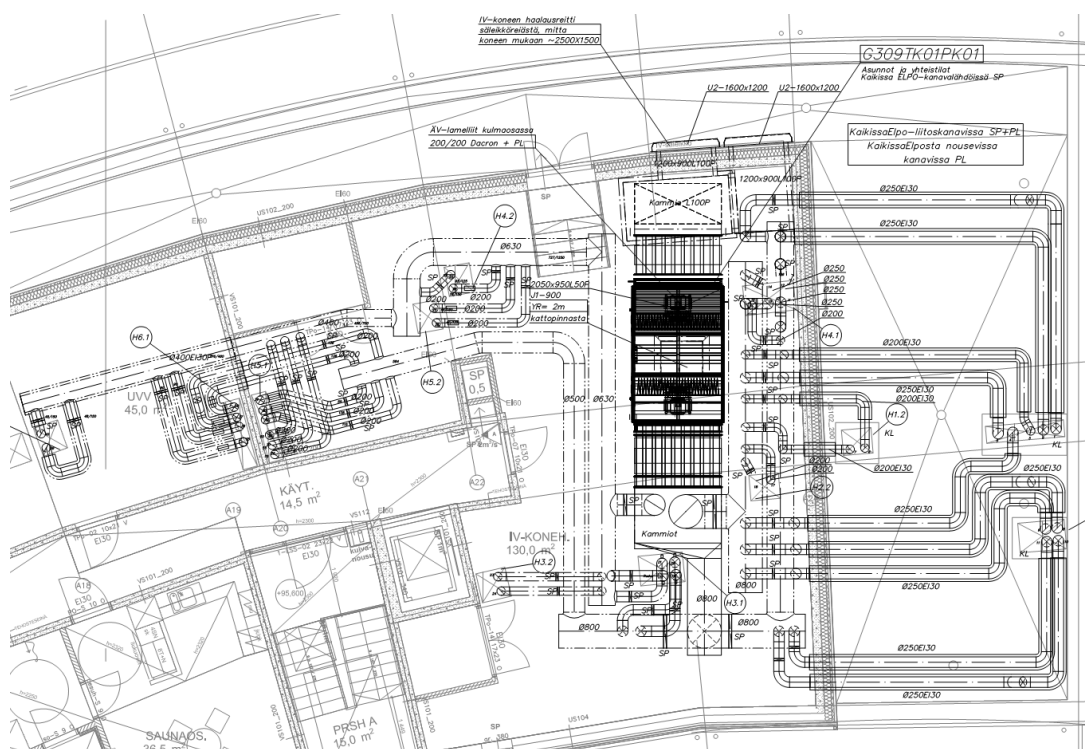


Figur 11. Aggregatets funktionsschema.

5.2 Kanalsystemen

Ventilationsaggregatet G-G309TK01PK01 befinner sig i (13:e Våningen) i byggnad 1 i delen Graniitti.

I figur 12 ser man hur kanalsystemet är planerat i ventilationsrummet på 13: våningen. Kanalerna delar sig från aggregatet till alla schakt där kanalerna går ner ända till andra våningen.



Figur 12. Kanalsystemet på 13: våningen.

Kanalsystemet är indelat i 4 delar: frisk luft, tilluft, frånluft och avluft. Frisk luft är den del som tar in ny luft till aggregatet där den behandlas, och tilluften är den luft som har behandlats i aggregatet och delar sig till alla byggnadens delar.

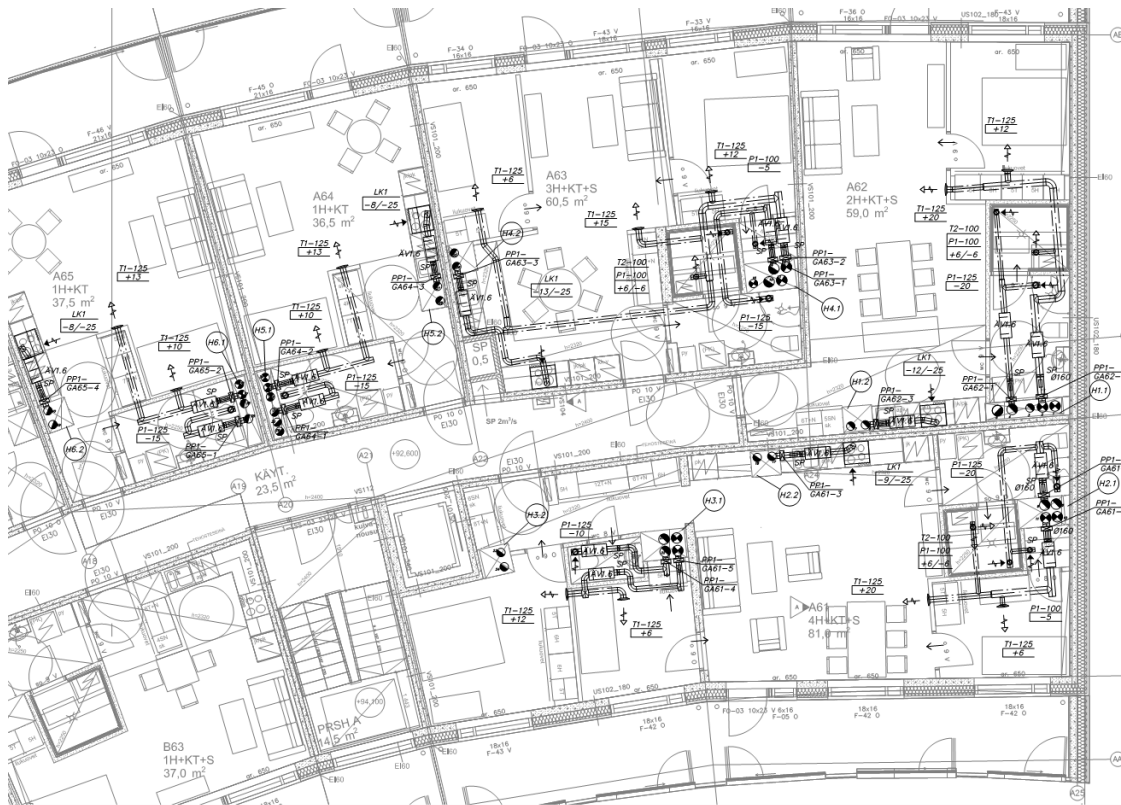
Frånluft är den smutsiga luften som tas ut ur rummen och förs tillbaka till aggregatet och avluft är den smutsiga luften som avlägsnas från aggregatet.

Aggregatet G-G309TK01PK01:s kanalsystem delar sig längs taket i översta våningen. Kanalerna delar sig till 12 stycken schakt där de går ner ända till andra våningen. Schakt befinner sig i varje lägenhet som finns nedanför så att kanalerna går in till alla rum. Alla bostäder som finns nedanför har i alla fall två stycken schakt där det ena befinner sig vid badrummet och det andra bredvid köket. Med detta system så får man in kanalerna till alla bostäder. Kanalerna är planerade så att hela bostadens tilluft och badrummets frånluft kommer från det ena schaktet, medan kökets frånluft (spiskåpan) kommer från det andra.

I figur 13 ser man hur ventilationskanalerna ser ut i 12:e våningen där man kan se att kanalerna kommer ner till varje bostad via ett eget schakt.

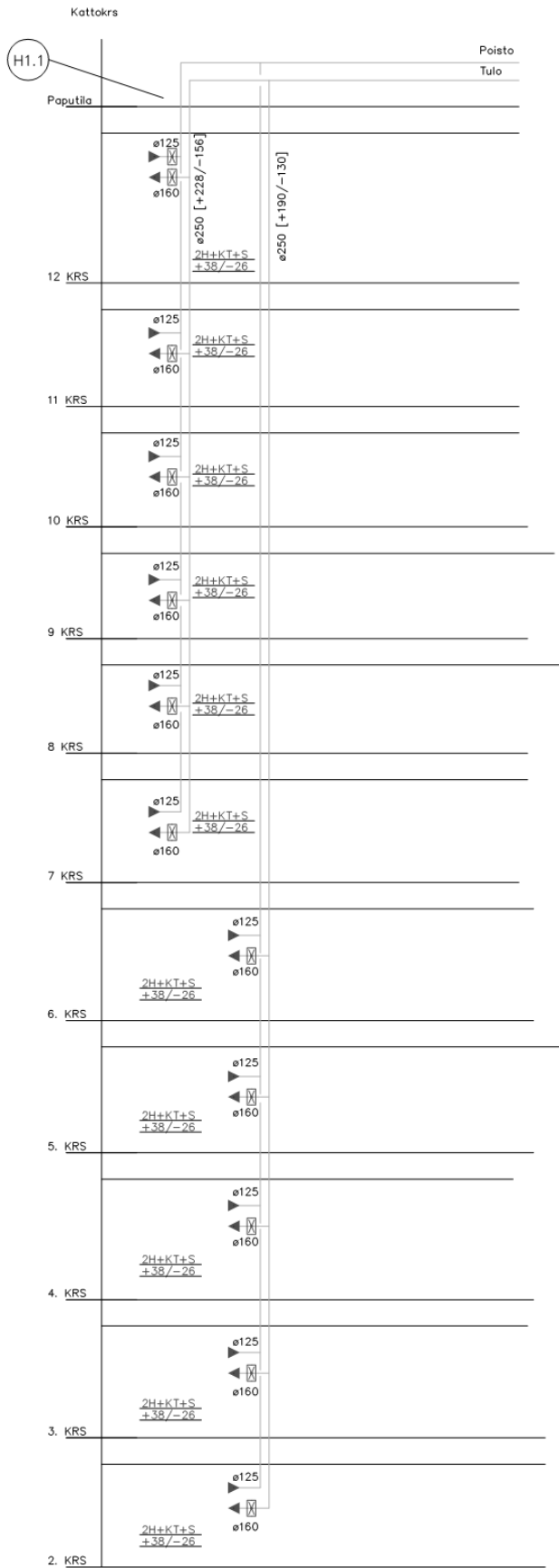
Våningarna är nästan identiska i våningarna 2-10 medan våningarna 11 och 12 har lite mindre våningsyta. Ventilationssystemet är uppbyggt på samma sätt i våningarna 2 -10 medan det blir lite annorlunda i våningarna 11 och 12.

Kanalsystemet är uppbyggt så att det går ner dubbla stigarkanaler i samma schakt. Den första stigaren betjänar våningarna 7-12 medan den andra betjänar våningarna 2-6. På detta sätt är det lättare att ställa in rätta luftflöden i bostäderna.



Figur 13. Ventilationssystemet på 12:e våningen.

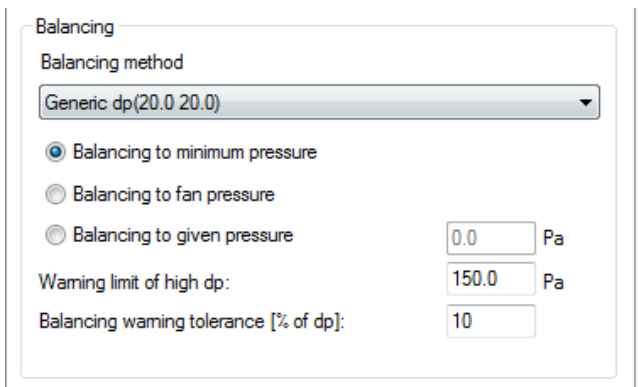
I figur 14 ser man hur kanalsystemet är uppbyggt i ett schakt. I schaktet finns det två stycken frånluftskanaler och två stycken tilluftskanaler där det ena kanalparet betjänar våningarna 2-6 och det andra kanalparet våningarna 7-12.



Figur 14. Skiss över kanalsystemet i ett schakt

6 SKORSTENSEFFEKTENS INVERKAN I STIGARKANALERNA

Man har balanserat hela aggregatet G-G309TK01PK01:s kanalsystem m.h.a. MagiCAD. Programmet balanserar kanalens totaltryck med den information som man har gett. (figur 15)



Balancing

Balancing method

Generic dp(20.0 20.0)

Balancing to minimum pressure

Balancing to fan pressure

Balancing to given pressure 0.0 Pa

Warning limit of high dp: 150.0 Pa

Balancing warning tolerance [% of dp]: 10

Figur 15. Balanseringens inställningar.

Som metod har man matat in att programmet skall balansera till minsta möjliga tryck och att tryckskillnaden på donen och reglerspjällen inte får gå under 20 Pa.

MagiCAD balanserar kanalerna utan att ta i beaktande något utanför kanalen. Det betyder att programmet inte tar i beaktande skorstenseffekten vid balanseringen.

Som resultat så fick man ut aggregatets totala kanaltryck på både till- och från-luftssidan. MagiCAD räknade också ut hur många pascal det skall vara för varje reglerspjäll och don för att få de önskade luftflödena i alla bostäder.

Eftersom MagiCAD inte tar i beaktande skorstenseffekten vid beräkningen så räkanr man ut hur mycket det egentligen påverkar luftflödena i nedersta och översta våningen då det är -26 grader utomhus.

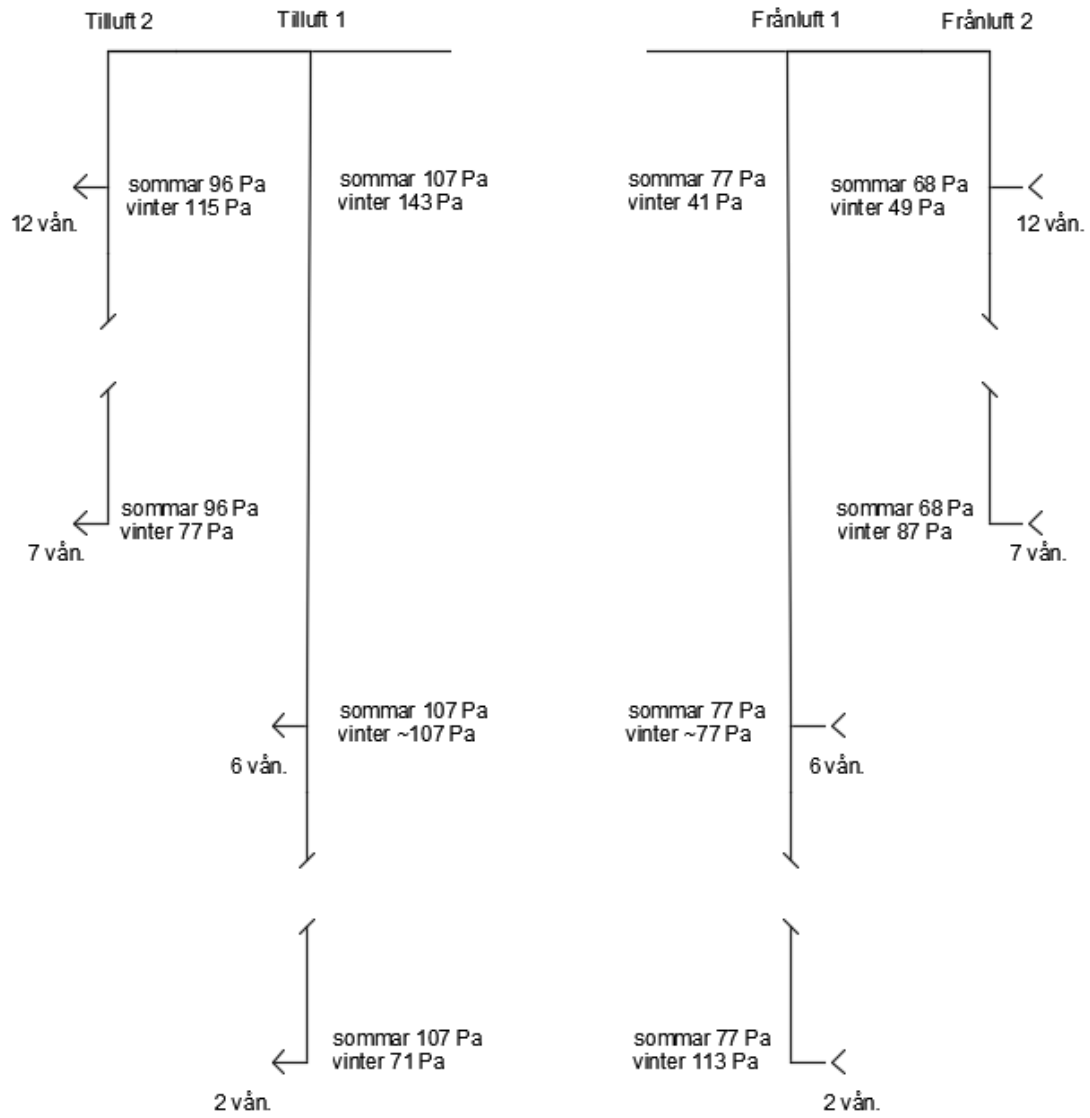
6.1 Skorstenseffektens inverkan på luftflödena

Man räknade teoretiskt ut hur mycket luftflödena ändras i stigarkanalerna sommar- och vintertid. Tilluft 1 och frånluft 1 är kanalerna som betjänar våningarna 2-6 medan tilluft 2 och frånluft 2 är kanalerna som betjänar våningarna 7-12 (en skiss över schaktet finns i figur 16). Som utetemperatur har använts -26 grader och som innetemperatur +21 grader.

Eftersom kanalsystemet är uppbyggt så att kanalerna är långa och har låga kanaltryck så varierar också luftflödena mycket när det är kallt ute p.g.a. skorstenseffekten.

Aggregatet ser däremot alltid till att kanalens totaltryck hålls konstant m.h.a. trycksensorer på till- och frånluftssidan, så skorstenseffekten inte har lika stor betydelse som man teoretiskt har räknat ut.

Figur 16 är en skiss över hur trycken i kanalerna ändras sommar- och vintertid. Skissen är tagen från schakt 1.1 där det finns två stycken tilluftskanaler och två stycken frånluftskanaler. På sommaren är kanaltryckena lika i varje våning eftersom systemet då är inställt så att alla våningar skall få lika mycket luft, men på vintern så börjar skorstenseffekten verka och skapar ett mindre tryck i nedersta våningen och ett högre tryck i översta våningen. Eftersom sjätte våningen ungefär är i mitten så blir den våningen på den neutrala trycknivån och håller ett likadant tryck både på sommaren och på vintern.



Figur 16. Kanaltryckena på de olika våningarna.

Vid kanalen "tilluft 2" så är skorstenseffekten 38 Pa vilket betyder att det i 7:e våningen (kanalens lägsta våning) blir hälften av skorstenseffektens tryck, d.v.s. 19 Pa mindre tryck på vintern jämfört med sommaren. I 12:e våningen blir det däremot 19 Pa högre i kanalen på vinter. Det betyder att den neutrala trycknivån befinner sig någonstans mellan 9:e och 10:e våningen där trycket är detsamma som på sommaren, alltså 96 Pa.

Med dessa tryckskillnader kan man teoretiskt räkna ut hur mycket luftflödena skiljer sig på sommaren och vintern med formel [17], vilket innebär att luftflödena skall vara inställda på sommaren när skorstenseffekten inte påverkar systemet.

I tabell 2 kan man se resultaten av hur mycket luftflödena varierar på sommaren och på vintern (när det är -26 grader ute) i de olika våningarna i kanalsystemet.

I tilluftskanal 2 kan man se att luftflödet på vintern ökar till 109 % i 12:e våningen och sänks till 90 % i 7:e våningen. I frånluftskanal 2 kan man se att luftflödena ändras i motsatt riktning som tilluftskanalen. I 12:e våningen minskar luftflödet till 85 % och i 7:e våningen ökar det till 113 %.

I tilluft- och frånluftskanal 1 så blir luftflödena desamma som på sommaren i våning 6 eftersom trycket hålls lika. I våning 2 så minskar luftflödet till 81 % i tilluftskanalen medan det ökar till 121 % i frånluftskanalen.

Tabell 2. Kanaltryckena i de olika våningarna och luftflödesändringen vintertid.

	Tilluft 2	Frånluft 2
Luftflödet sommar vån. 12 [l/s]	38	26
Kanaltryck sommar vån. 12 [Pa]	96	68
Luftflödet sommar vån. 7 [l/s]	38	26
Kanaltryck sommar vån. 7 [Pa]	96	68
Kanallängd [m]	17	17
Skorstenseffekt [Pa]	38	38
Luftflödet vinter vån. 12 [l/s]	41,59	22,07
Kanaltryck vinter vån. 12 [Pa]	115	49
Luftflödet vinter vån. 7 [l/s]	34,03	29,41
Kanaltryck vinter vån. 7 [Pa]	77	87
Luftflödets ändring vån. 12 [%]	1,09	0,85
Luftflödets ändring vån. 7 [%]	0,90	1,13

	Tilluft 1	Frånluft 1
Luftflödet sommar vån. 6 [l/s]	38	26
Kanaltryck sommar vån. 6 [Pa]	107	77
Luftflödet sommar vån. 2 [l/s]	38	26
Kanaltryck sommar vån. 2 [Pa]	107	77
Kanallängd [m]	32	32
Skorstenseffekt [Pa]	72	72
Luftflödet vinter vån. 6 [l/s]	38,00	26,00
Kanaltryck vinter vån. 6 [Pa]	107	77
Luftflödet vinter vån. 2 [l/s]	30,95	31,50
Kanaltryck vinter vån. 2 [Pa]	71	113
Luftflödets ändring vån. 6 [%]	1,00	1,00
Luftflödets ändring vån. 2 [%]	0,81	1,21

Enligt D2 så säjs det att luftflödesavvikelsen bara får var $\pm 10\%$ i ett system. Om man tittar på resultaten så överskrider alla redan dessa värden. Dessa resultat är räknade med formel [15] som anger den teoretiskt maximala skorstenseffekten som kan uppstå. Så dessa resultat är högre än vad det i verkligheten kommer att vara. Aggregatet ser ändå till att det alltid är samma tryck i kanalen genom att ändra fläktvarvtalet.

6.2 Skorstenseffektens inverkan på SFP-talet

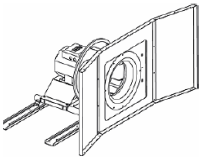
Man balanserade tilluftskanalen med MagiCAD och fick följande resultat som visas i figur 17.

ptot	200.0 Pa
pst	199.2 Pa
Velocity	1.2 m/s
Status	Not defined

Figur 17. Tilluftskanalens totaltryck.

Tilluftskanalens totaltryck blev jämnt 200 Pa sommartid då skorstenseffekten inte påverkar systemet.

I figur 18 visas tilluftsfläktens resultat enligt aggregatets körning.

Puhallin, Kammio		
	Ilmamäärä	2.50 m ³ /s
	Kanavistopaine	350 Pa
	Painehäviö	15 Pa
	Staatinen paine	614 Pa
	Kokonaispaine	640 Pa
	Akseliteho	2.07 kW
	Puhaltimen pyörimisnopeus	1130 r/min
	Maksimi pyörimisnopeus	1595 r/min
	Teho staatisen paineen avulla	74.2 %
	Teho kokonaispaineen avulla	77.4 %
	K-kerroin	381
	Puhallintyyppi	ER63Cpro
	Suorakäyttö	

Figur 18. Tilluftsfläktens information.

I figur 18 ser man att när kanalens totaltryck (kanavistopaine) är 350 Pa så har fläkten en effekt på 2,07 kW. Enligt balanseringen så fick man att det verkliga totaltrycket blev 200 Pa. Då måste man räkna ut den verkliga effekten hos fläkten (då kanaltrycket är lägre) med formlerna [13] och [14].

Först räknas fläktens verkliga varvtal ut:

$$\frac{p_0}{p_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^2 = \frac{490}{640} = \left(\frac{n_0}{1130}\right)^2$$

där man får att n_0 ungefär blir 989 varv/min.

Sedan kan den verkliga effekten räknas ut:

$$\frac{P_0}{P_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^3 = \frac{P_0}{2,07} = \left(\frac{989}{1130}\right)^3$$

där man får att P_0 ungefär blir 1,39 kW.

Med denna effekt och detta luftflöde så kan man räkna ut tilluftsfläktens verkliga SFP-tal med formel [10]:

$$SFP_{FAN} = \frac{P_E}{q_v} = \frac{1,39}{2,5} = 0,56$$

och då får man att SFP_{FAN} blir 0,56 (kW/m³/s).

För att räkna ut det nya totaltrycket på vintern när det är -26 grader ute så kan man addera skorstenseffekten till kanalens totaltryck sommartid. Detta kan man göra eftersom alla stigarkanaler ser likadana ut och är lika långa.

Skorstenseffekten i kanalen:

$$\Delta p = \left(\frac{T_s - T_u}{T_u}\right) \rho_s g h = \left(\frac{294 - 247}{247}\right) 1,2 * 9,82 * 32 = 71,7 Pa$$

så kanalens nya totaltryck blir då 200 Pa + 72 Pa som blir 272 Pa.

Först räknas fläktens nya varvtal ut.

$$\frac{p_0}{p_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{562}{640} = \left(\frac{n_0}{1130}\right)^2$$

där n_0 blir 1059 varv/min.

Sedan räknas den nya effekten ut:

$$\frac{P_0}{P_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^3 = \frac{P_0}{2,07} = \left(\frac{1059}{1130}\right)^3$$

där P_0 blir 1,7 kW.

$$SFP_{FAN} = \frac{P_E}{q_v} = \frac{1,07}{2,5} = 0,68$$

så får man att SFP_{FAN} blir 0,68 (kW/m³/s).

Så om man dividerar det nya SFP-talet med det gamla så får man resultatet 1,21, vilket betyder att SFP- talet för tilluftsfläkten höjs med 21 % på vintern när det är -26 grader ute.

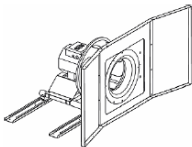
Man balanserade frånluftskanalen med MagiCAD och fick följande resultat som ses i figur 19.

ptot	-176.5 Pa
Velocity	1.2 m/s
Status	Not defined

Figur 19. Frånluftskanalens värden.

Frånluftskanalens totaltryck blev jämt -176,5 Pa sommartid då skorstenseffekten inte påverkar systemet.

I figur 20 visas resultat för frånluftsfläkten har fått följande resultat enligt aggregatets körning:

Puhallin, Kammio			
	Ilmamäärä	2.50	m³/s
	Kanavistopaine	350	Pa
	Painehäviö	15	Pa
	Staattinen paine	623	Pa
	Kokonaispaine	650	Pa
	Akseliteho	2.10	kW
	Puhaltimen pyörimisnopeus	1137	r/min
	Maksimi pyörimisnopeus	1595	r/min
	Teho staattisen paineen avulla	74.1	%
	Teho kokonaispaineen avulla	77.3	%
	K-kerroin	381	
	Puhallintyyppi	ER63Cpro	
	Suorakäyttö		

Figur 20. Frånluftsfläktens information.

I figur 20 ser man att när kanalens totaltryck (kanavistopaine) är 350 Pa så har fläkten en effekt på 2,10 kW. Enligt balanseringen så fick man att det verkliga totaltrycket blev -176,5 Pa. Då måste man räkna ut den verkliga effekten (då kanaltrycket är lägre) med formlerna [13] och [14].

Först räknas det verkliga fläktvarvtalet ut:

$$\frac{p_0}{p_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^2 = \frac{473,5}{650} = \left(\frac{n_0}{1137}\right)^2$$

Där man får att n_0 ungefär blir 970 varv/min.

Sedan räknas fläktens verkliga effekt ut:

$$\frac{P_0}{P_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^3 = \frac{P_0}{2,10} = \left(\frac{970}{1137}\right)^3$$

där man får att P_0 ungefär blir 1,30 kW.

Med denna effekt och detta luftflöde så kan man räkna ut tilluftsfläktens verkliga SFP-tal med formel [10]:

$$SFP_{FAN} = \frac{P_E}{q_v} = \frac{1,30}{2,5} = 0,52$$

så får man att SFP_{FAN} blir 0,52 (kW/m³/s).

Skorstenseffekten blir densamma som på tilluftssidan eftersom stigarkanalerna har precis samma höjd, alltså 72 Pa.

På frånluftssidan så verkar skorstenseffekten åt samma håll som flödesriktningen så kanalens totaltryck kommer alltså att bli mindre på vintern än på sommaren.

Kanalens nya totaltryck på vintern blir då 176,5 Pa + 72 Pa som blir 104,5 Pa.

Först räknas fläktens nya varvtal ut:

$$\frac{p_0}{p_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^2 = \frac{404,5}{650} = \left(\frac{n_0}{1137}\right)^2$$

där n_0 blir 897 varv/min.

Sedan räknas fläktens nya effekt ut:

$$\frac{P_0}{P_1} = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^3 = \frac{P_0}{2,10} = \left(\frac{897}{1137}\right)^3$$

där P_0 blir 1,03 kW.

Det nya SFP-talet beräknas:

$$SFP_{FAN} = \frac{P_E}{q_v} = \frac{1,03}{2,5} = 0,412$$

så får man att SFP_{FAN} blir 0,41 (kW/m³/s).

Så om man dividerar det nya SFP-talet med det gamla så får man resultatet 0,79, vilket betyder att SFP-talet för frånluftsfläkten sänks med 21 % på vintern när det är -26 grader ute.

På vintern så måste tilluftsfläkten arbeta 21 % hårdare för att hålla kvar samma totaltryck i kanalen medan frånluftsfläkten arbetar 21 % mindre för att hålla samma totaltryck.

Som resultat så ser man att skorstenseffekten inte har någon teoretisk inverkan på aggregatets SFP-tal eftersom effektskillnaden är lika stor i tillufts- och frånluftsfläkten men med motsatt förtecken.

7 SLUTSATSER

Eftersom höga hus ännu är så ovanliga i Finland så finns det inte heller några bra regler eller anvisningar för hur man skall ta i beaktande skorstenseffekten i ventilationssystemen.

I detta examensarbete har man undersökt hur skorstenseffekten påverkar ett ventilationssystem i ett högt hus. Man har teoretiskt gått igenom hur man räknar ut det totala trycket i kanalsystemen och hur mycket skorstenseffekten påverkar det totala trycket då det är som kallast ute. Eftersom trycket i stigarkanalerna ändras så ändras även luftflödena i de olika våningarna.

När ventilationssystemet är balanserat på sommaren så kommer det lika mycket luftflöde till varje våning eftersom skorstenseffekten inte påverkar systemet. På vintern när skorstenseffekten börjar verka så blir det obalans i kanalerna och ändrar luftflödena vid varje våning. Som resultat kom man fram till att tilluften minskar i den understa våningen och ökar i den översta våningen. Frånluften betar sig precis tvärtom, alltså så att frånluften ökar i den understa våningen och minskar i den översta våningen.

Man har också undersökt hur fläktarnas eleffekt påverkas av skorstenseffekten. Skorstenseffekten påverkar på så vis att det blir en tryckskillnad så att luften börjar röra sig uppåt. Det betyder att tilluftsfläkten måste arbeta hårdare för att behålla samma totaltryck i kanalen eftersom luftpelarna rör sig mot varandra. På frånluftssidan så verkar skorstenseffekten åt samma håll som frånluftsförlödet och därför behöver frånluftsfäkten arbeta mindre. Eftersom tilluftsfläkten arbetar lika mycket mera som frånluftsfäkten mindre så håller aggregatet ett likadant SFP-tal året runt.

Det är nästan omöjligt att räkna ut den verkliga skorstenseffekten och hur mycket luftflödena egentligen ändras under året eftersom det är så många faktorer som inverkar på det. Dessa resultat som finns i detta examensarbete är den maximala möjliga skorstenseffekt och i verkligheten så kommer resultaten att vara mindre.

8 SAMMANDRAG

Höga byggnader är ännu ovanliga i Finland men allt fler har börjat byggas speciellt i huvudstadsregionen. Eftersom de ännu är så ovanliga i Finland så finns det ännu inte så bra kunskap om vilka problem som kan vara förknippade med dem och hur man skall planera dem på rätt sätt. Detta examensarbete tar upp vilka problem som uppstår och kan användas som en modell då man planerar liknande byggnader. I höga byggnader uppstår vissa problem med ventilationen på grund av skorstenseffekten. Skorstenseffekten är ett fenomen som uppstår i höga byggnader då utomhustemperaturen är kallare än inomhustemperaturen. Skorstenseffekten ger upphov till att luften börjar röra sig uppåt i byggnaden p.g.a. tryckskillnader. I höga byggnader där man har både till- och frånluft anses skorstenseffekten vara negativ eftersom den ändrar på våningarnas luftflöden och fläktarnas energiförbrukning. I detta examensarbete har man tagit upp tre olika ventilationssystem som kan användas i höga byggnader och jämfört dem med varandra. Man har också gått igenom grunderna i ventilationskanalernas flödesteknik för att få en bättre bild av vad som händer i kanalerna när skorstenseffekten börjar påverka systemet. I detta examensarbete har man undersökt hur skorstenseffekten påverkar ett ventilationssystem i ett 13 våningar högt bostadshus. Ventilationssystemets till- och frånluftskanalers totaltryck är balanserade med programmet MagiCAD. För att räkna ut hur mycket luftflödena förändras på de olika våningarna har man använt mig av en formel där man tar i beaktande skorstenseffektens tryckskillnad och ventilationskanalens totaltryck. Som resultat fick man att tilluftsflödet ökar i den översta våningen och sjunker i den nedersta våningen. I frånluftskanalen blir det tvärtom så att frånluftsflödet minskar i den översta våningen och ökar i den nedersta våningen. Man undersökte också hur mycket fläktarnas energiförbrukning förändras då skorstenseffekten påverkar systemet. Resultatet blev att tilluftsfläkten måste arbeta mera och frånluftsfläkten mindre men eftersom tilluftsfläkten arbetar lika mycket mera som frånluftsfläkten mindre så blir aggregatets energiförbrukning ändå den samma året runt.

KÄLLOR

1. D2 Finlands byggnestämmelsesamling Miljöministeriet, Avdelning för den byggda miljön. Byggnaders inomhusklimat och ventilation. Föreskrifter och anvisningar 2012.
https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D2-2012_Svenska.pdf
Hämtad: 15.04.2018
2. HVAC Design Guide for Tall Commercial Buildings
https://docuri.com/download/12-hvac-design-guide-for-high-rise-tall-buildings_59a7cacef58171db1d424a74_pdf
Hämtad: 15.04.2018
3. Asuinrakennusten ilmanvaihto
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050306.pdf>
Hämtad: 15.04.2018
4. Esa Sandberg 2014, Ilmastointilaitoksen mitoitus. Talotekniikka-julkisut Oy
5. Olli Seppänen. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Talotekniikka-julkisut Oy
6. Olli Seppänen.1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Anjalankoski: SOLVER palvelut Oy
7. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaisuussähköteho SFP.
<https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5quoZSL5w%3A%2447%24L10529%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statis->

[tics%2495%24down-load%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-109760/L10529.pdf](#)

Hämtad: 16.04.2018

8. Jernkontorets energihandbok, Affinitetslagar för fläktar
<http://www.energihandbok.se/formler-och-berakningar/>

Hämtad: 16.04.2018

9. <https://tripla.yit.fi/en/home-in-tripla>

Hämtad: 21.04.2018

10. <http://www.redi.fi/tiesitko-taman-redista/>

Hämtad: 21.04.2018

11. Fläktwoods Veloduct, Pyöreä kanavajärjestelmä, tuoteluettelo
<http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=4c9a03b5-b67a-473b-bd4a-d2e9120d5465>

Hämtad: 24.4.2018

12. Esa Sandberg. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Talotekniikka-Julkaisut Oy

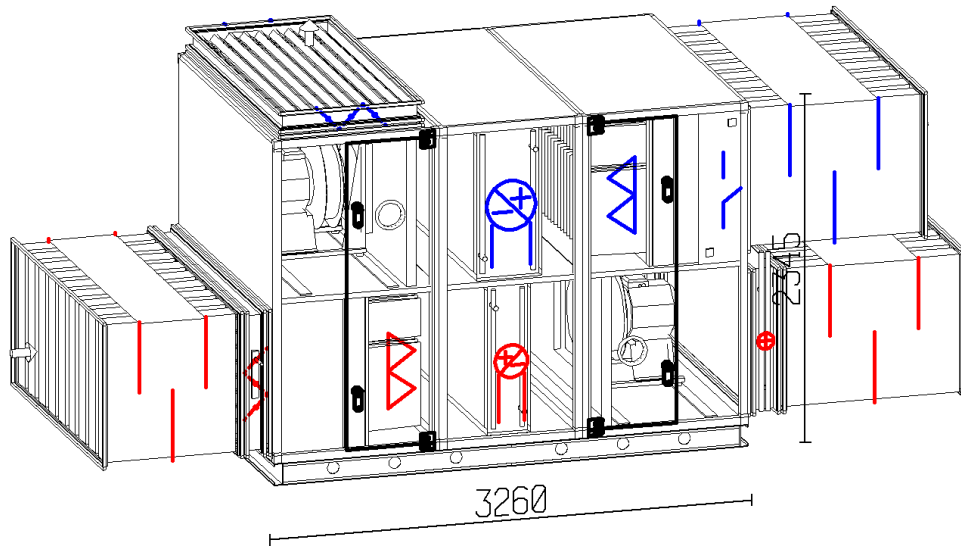
BILAGOR

Unit no.: 9

DVCompact 60

Paino: 482 kg

Koneen leveys: 2170 mm



Ilma/Puhallin data	Tuloilma	Poistoilma, imuaukko	Kone
Ilmavirta (1,205 kg/m ³)	2.50	2.50	m ³ /s
Otsapintanopeus (kone)	1.19	1.19	m/s
Kanavistopaine	350	350	Pa
Puhaltimen pyörimisnopeus	1130	1137	r/min
Moottori; Jännite; Nimellisvirta, [A]	5.20; 3x400; 10.9	5.20; 3x400; 10.9	kW/V/A
Ympäristö	55 db(A)		
Suodatin Tuloilma / Poistoilma	F7 / F5		
Lämmitys, vesi	90.3 kW 50/30°C - 13.3 kPa - 1.10 l/s 1 1/4" / 1 1/4" KytKentäkkoko		
Energia	Dimensioning	Keskiarvo	Fans [kWh/year 8760 hours]
Lämmöntalteenotto (Kondensoiva / Kuiva)	76.0 % / 69.6 %	68.8 % / 62.8 %	
	Tuloilma : 2" / 2" - Poistoilma : 2" / 2"		
SFPv, puhtaat suodattimet ml. taajuusmuuttajat	1.74 kW/(m ³ /s)	1.34 kW/(m ³ /s)	29365 kW
SFPe, mitoitussuodattimet sis. taajuusmuuttaja	1.89 kW/(m ³ /s)	1.48 kW/(m ³ /s)	32442 kW
	2016	2018	
Hyväksytty	Kyllä	Kyllä	



Commissioning Data

	Tuloilma	Poistoilma	Yksikkö
Painehäviö, puhtaat suodattimet	32	28	Pa
Fans absorbed power clean filters	1.88	1.95	kW

Vaihtoehtoiset toimintapisteet

	Dim./Max	2						Keskiarvo
Ilmavirta, Tuloilma, m³/s	2.50	2.50						2.50
Ilmavirta, Poistoilma, m³/s	2.50	1.77						1.99
SFPv, kW/(m³/s)	1.74	1.17						1.34
SFPe, kW/(m³/s)	1.89	1.31						1.48
Hyötysuhde, Lämmöntalteenotto (Kondensoiva)	69.6	65.7						68.8
Hyötysuhde, Lämmöntalteenotto (Kuiva), %	69.6	59.9						62.8
Puhallin, akseliteho, Tuloilma, kW	4.14	4.06						4.08
Puhallin, akseliteho, Poistoilma, kW	2.10	0.84						1.22
Lämmityspatteri, Teho, kW	90.3	90.3						90.3
Nestemäärä, l/s	1.10	1.10						1.10
Painehäviö, neste, kPa	13.3	13.3						13.3
Operation hours	2628	6132						
Operational hours yearly	8760							

Ecodesign

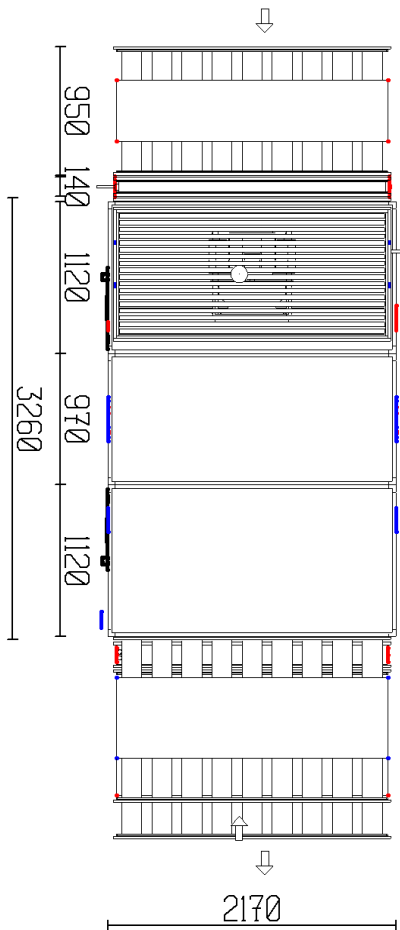
	2016	Arvo	Raja-arvo	2018	Arvo	Raja-arvo
Yksikkötyyppi (Ei pientalo - Tulo/Poisto)	Hyväksytty			Hyväksytty		
Säädettävä puhallin tai taajuusmuuttaja	Hyväksytty			Hyväksytty		
Lämmöntalteenotto	Hyväksytty			Hyväksytty		
Lämmöntalteenoton hyötysuhde	Hyväksytty	69.6	63.0	Hyväksytty	69.6	68.0
Painemittari (vain 2018)	Hyväksytty			Hyväksytty		
Sisäinen SFP W/(m³/s)	Hyväksytty	572	1597	Hyväksytty	572	1347
Lopputarkastus	Hyväksytty			Hyväksytty		

		Tuloilma	Poistoilma	
Valmistaja	Systemair			
Malli	DVCompact 60			
Luokittelu	NRVU;BVU			
Moottorin tyyppi		Moninopeus	Moninopeus	Asennettu
Lämmöntalteenottotyyppi (LTO)	Lämmöntalteenottopatteri			
LTO:n termien hyötysuhde (kuivana)	69.6			%
Ei pientalolaitte - virtausnopeus		2.50	2.50	m³/s
Toiminnallinen sähköteho puhtailla suodattimilla ja useita käyttötiloja		2.13	2.21	kW
Sisäinen SFP W/(m³/s) 2016	572	254	318	W/(m³/s)
Sisäinen SFP W/(m³/s) 2018	572	254	318	W/(m³/s)
Otsapintanopeus		1.19	1.19	m/s
Nimellinen ulkoinen paine		350.00	350.00	Pa
Ilmastointikomponenttien sisäinen painehäviö		161.19	202.02	Pa
Staatinen painehäviö puhtailla suodattimilla		540.19	562.80	Pa
Puhaltimien staatinen tehokkuus puhtailla suodattimilla		63.50	63.57	%
Ulkoiset vuodot, maksimi		Tiiviysluokka L3 EN1886 mukaisesti. Vuoto on alle 1 %.		
Sisäiset vuodot, maksimi		Vuotoluokka on vähemmän kuin 3%.		
Suodattimien energialuokka		B	D	
Näkyvä suodattimen varoituskuvaus				Valvontanäyttö

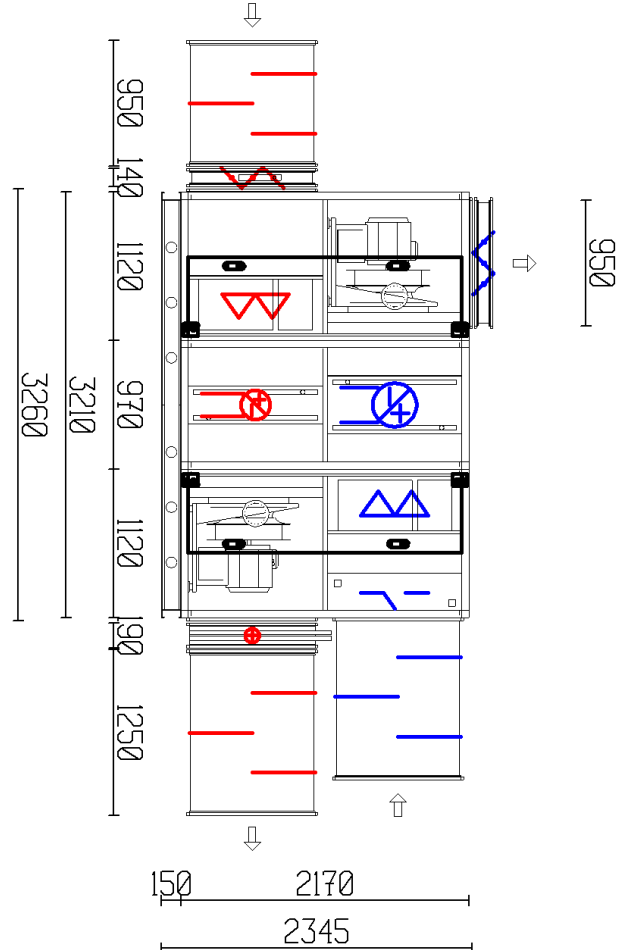
Äänitehotaso	Tuloilma, paineaukko	Raitisilma imuaukko	Jäteilma, paineaukko	Poistoilma, imuaukko	Ympäristö
Yhteensä	53 db(A)	55 db(A)	84 db(A)	52 db(A)	55 db(A)

Ecodesign on laskettu tuloilman F7 suodattimella ja poistoilman M5 suodattimella.

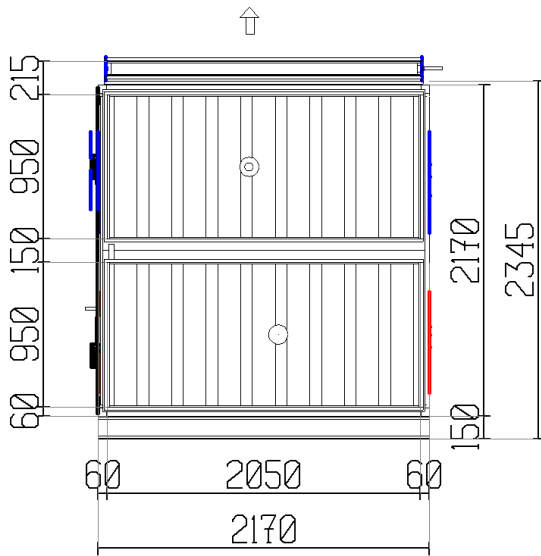
Kone päältä



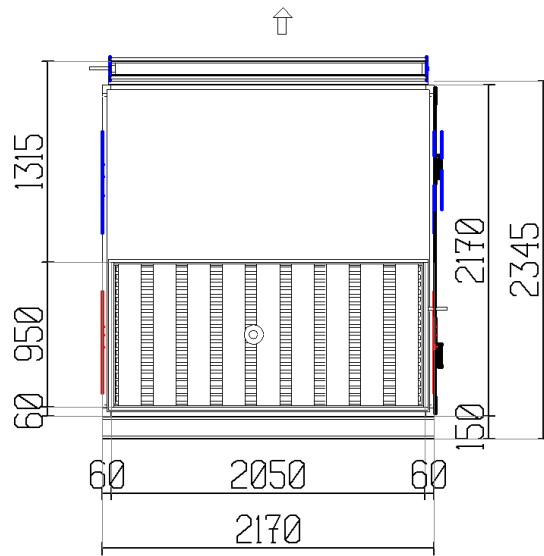
Huoltopuolelta



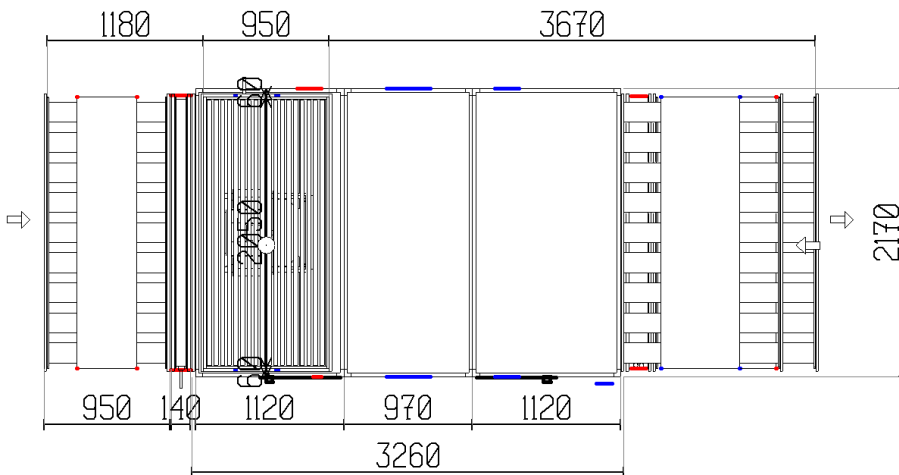
Oikealta puolelta



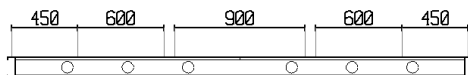
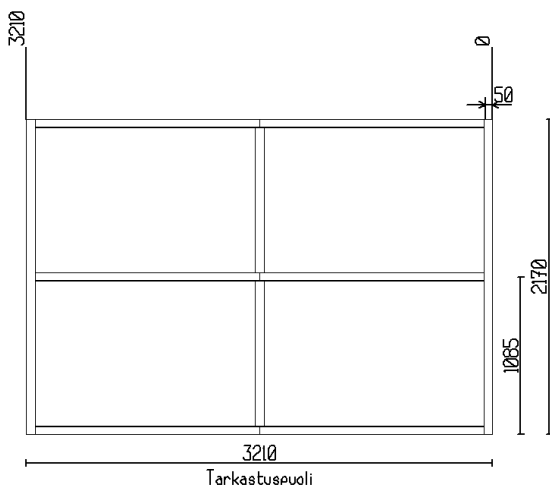
Vasemmalta puolelta



Kone päältä



Ovien ja paneelien mitat



Tekninen erittely

Konekuvaus

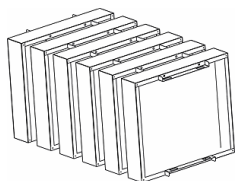
Taajuusalue [Hz]	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Yhteensä
Äänitehotaso	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[db(A)]
Tuloilma, paineaukko	63	65	51	48	38	41	45	46	53
Raitisilma imuaukko	65	70	53	48	37	32	22	22	55
Jäteilma, paineaukko	72	78	74	82	78	77	73	71	84
Poistoilma, imuaukko	63	67	48	40	26	25	13	15	52
Ympäristö	65	69	54	47	47	40	37	24	55

Automatiikka

Kieli säätimen valikossa	Suomi		
Ulkopuoliset yhteydet	Modbus RTU / EXOline		
Puhaltimen ohjaus	VAV		
Peltimoottori - ulkoilma	Moottori, jousipalautteinen		
Sulkupelti moottori, jäteilma	Moottori, jousipalautteinen		
Jäätymissuoja lämmitys	Pinta-anturi		
Patterikokoonpano	Lämmitys		
Venttiili lämmitykselle	2-tieventtiili, Kvs 10.00, DN25 Sisäkierre		
Painehäviö	16	kPa	
Tehonsyöttö automatiikalle			
Sähkökojetaulun tiedot	Jännite	3x400V + N + PE 50	Hz
	Maks. käynnistysvirta	16	kA
	Min. käynnistysvirta	650	A
	Maks. Sulake	40	A
	Min. Sulake	25	A

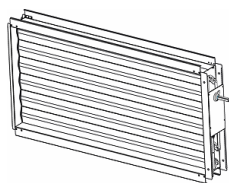
Tuloilmakone sisältää

Äänenvaimennin



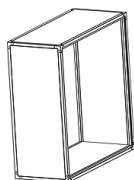
Painehäviö	6			Pa					
Pituus	900			mm					
Puhdistettavuus	Kuivapuhdistettava								
	Taajuusalue [Hz]	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
		[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Äänenvaimennus		6	9	17	25	27	25	16	13

Pelti



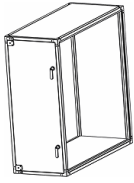
Painehäviö	2			Pa	
Sälelpelti	Eristetty				

Välilosa



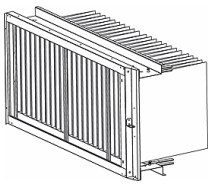
Painehäviö	1			Pa	
Pituus	450			mm	

Tarkastusosa



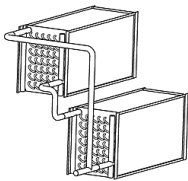
Painehäviö	1	Pa
Pituus	150	mm

Suodatin



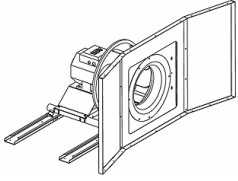
Mitoituspainehäviö	91	Pa
Alkupainehäviö/Loppupainehäviö	32/150	Pa
Otsapintanopeus	1.45	m/s
Suodatinnopeus	0.06	m/s
Suodatinluokka	F7	
Suodatinkoko	8x[490x490]	
Pussipituus	640	mm
Varasuodatin F7	1	kpl
Paineen mittanipat	1	kpl

Lämmöntalteenottopatteri



Ilmamäärä	2.50	m³/s
Painehäviö	129	Pa
Ilman lämpötila sisään/ulos	-26.0/9.7	°C
Teho	109.39	kW
Tuloilman lämpötilahyötysuhde	76.0	%
Kuivateho EN 308 mukaisesti 2.50 m³/s	69.6	%
Otsapintanopeus	1.37	m/s
Neste	Etyleeniglykoli	(30%)
Nestelämpötila, meno/paluu	12/-10	°C
Nestemäärä	1.30	l/s
Painehäviö, neste	127.2	kPa
Nesteen nopeus	0.78	m/s
Patterin tilavuus	115.2	l
KytKentäpuoli	Huolto puoli	
KytKentäkoko meno/paluu	2" / 2"	
Putkimateriaali	Cu	
Lamellimateriaali	Al	
Lamelliväli	2.1	mm
Syvyys	20	
Patterityyppi	DVR-60-T-Z-20-23-975-1875-2.1-CU-AL-H-*	

Puhallin, Kammio



Ilmamäärä	2.50	m³/s
Kanavistopaine	350	Pa
Painehäviö	15	Pa
Staattinen paine	614	Pa
Kokonaispaine	640	Pa
Akseliteho	2.07	kW
Puhaltimen pyörimisnopeus	1130	r/min
Maksimi pyörimisnopeus	1595	r/min
Teho staattisen paineen avulla	74.2	%
Teho kokonaispaineen avulla	77.4	%
K-kerroin	381	
Puhallintyyppi	ER63Cpro	
Suorakäyttö		

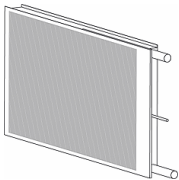
Moottori

Moottorityyppi	IE4, PM-moottori	
Moottorityyppi-Koko	HPS 112M	
Lämpösuoja	Termistori	
Nimellisteho	5.20	kW
Nimellisnopeus	1550	r/min
Maksiminopeus	1705	r/min
Nimellisvirta, [A]	10.9	A
Hyötysuhde	92.5	%
Hyötysuhde, todellinen toimintapiste	91.4	%

Taajuudenmuuttaja

Jännite	3x400	V
Taajuus toimintapisteessä	56	Hz
Maksimitaajuus	79	Hz
Taajuusmuuttaja johdotettu tehtaalla. (15.5 A)	1	kpl
Kok.tehontarve, ilman taajuusmuuntajaa	2.26	kW
Kok. tehontarve, taajuusmuuntajan kanssa	2.34	kW
Taajuusmuuttaja IP 20 on asennettu puhaltimen viereen. Taajuusmuuttajan ja moottorin välillä on suojattu kaapeli. Kaikki tarvittavat parametrit on aseteltu puhaltimelle sopivaksi konenmitoituksen mukaan. Sähkönsyöttö taajuusmuuttajalle tulee varustaa paikallisten säädösten vaatimilla lisäsuojauslaitteilla.		
Tarkistusikkuna	1	kpl
Ilmamäärämittari	1	kpl
Led-valo	1	kpl

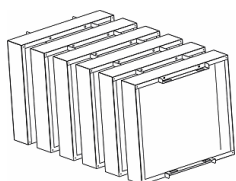
Lämmityspatteri MAX, Neste



Ilmamäärä	2.50	m³/s
Painehäviö	12	Pa
Ilman lämpötila sisään/ulos	-10.0/20.0	°C
Suht. kosteus, ennen/jälkeen	4/1	%
Teho	90.34	kW
Otsapintanopeus	1.28	m/s
Neste	Vesi	
Nestelämpötila, meno/paluu	50.0/30.0	°C
Nestemäärä	1.10	l/s
Painehäviö, neste	13.3	kPa
Nesteen nopeus	0.82	m/s
Patterin tilavuus	13.0	l

KytKentäpuoli	Huolto puoli	
KytKentäkoko meno/paluu	1 1/4" / 1 1/4"	
Putkimateriaali	Cu	
Lamellimateriaali	Al	
Lamelliväli	2.1	mm
Syvyys	2	
Patterityyppi	M 25x22-3/8 CS 38 T 2 R 2050 A 2.1 P 19 NC	

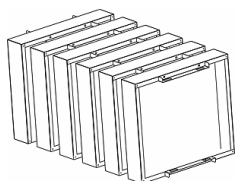
Äänenvaimennin



Painehäviö	7	Pa
Pituus	1200	mm
Puhdistettavuus	Kuivapuhdistettava	
	Taajuusalue [Hz]	
	63 [dB]	125 [dB]
	250 [dB]	500 [dB]
	1K [dB]	2K [dB]
	4K [dB]	8K [dB]
Äänenvaimennus	8	12
	22	33
	38	33
	25	20

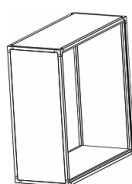
Poistoilmakone sisältää

Äänenvaimennin



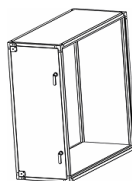
Painehäviö	7	Pa
Pituus	1200	mm
Puhdistettavuus	Kuivapuhdistettava	
	Taajuusalue [Hz]	
	63 [dB]	125 [dB]
	250 [dB]	500 [dB]
	1K [dB]	2K [dB]
	4K [dB]	8K [dB]
Äänenvaimennus	8	12
	22	33
	38	33
	25	20

Väliosa



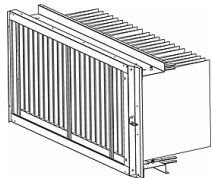
Painehäviö	1	Pa
Pituus	450	mm

Tarkastusosa



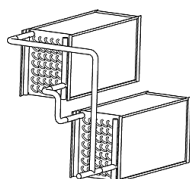
Painehäviö	1	Pa
Pituus	150	mm

Suodatin



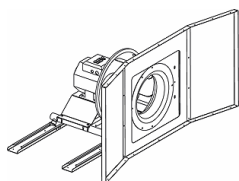
Mitoituspainehäviö	74	Pa
Alkupainehäviö/Loppupainehäviö	28/120	Pa
Otsapintanopeus	1.45	m/s
Suodatinnopeus	0.12	m/s
Suodatinluokka	F5	
Suodatin koko	8x[490x490]	
Pussipituus	520	mm
Varasuodatin M5	1	kpl
Paineen mittanipat	1	kpl

Lämmöntalteenottopatteri



Ilmamäärä	2.50	m³/s
Painehäviö	174	Pa
1,11111111111111E+188	155	Pa
Ilman lämpötila sisään/ulos	21.0/-7.9	°C
Suht. ilman kosteus, ennen/jälkeen	30/100	%
Jäähdytysteho	109.39	kW
Otsapintanopeus	1.37	m/s
Kondenssimäärä	0.5	l/min
Neste	Etyleeniglykoli	(30%)
Nestelämpötila, meno/paluu	-10/12	°C
Nestemäärä	1.30	l/s
Painehäviö, neste	135.2	kPa
Nesteen nopeus	0.75	m/s
Patterin tilavuus	137.1	l
Kytkenäpuoli	Huolto puoli	
Kytkenäkoko meno/paluu	2"/2"	
Putkimateriaali	Cu	
Lamellimateriaali	Al	
Lamelliväli	2.1	mm
Syvyys	24	
Pisara-altaan materiaali	Vakio	
Patterityyppi	DVR-60-F-Z-24-24-975-1875-2.1-CU-AL-V-*	

Puhallin, Kammio



Ilmamäärä	2.50	m³/s
Kanavistopaine	350	Pa
Painehäviö	15	Pa
Staattinen paine	623	Pa
Kokonaispaine	650	Pa
Akseliteho	2.10	kW
Puhaltimen pyörimisnopeus	1137	r/min
Maksimi pyörimisnopeus	1595	r/min
Teho staattisen paineen avulla	74.1	%
Teho kokonaispaineen avulla	77.3	%
K-kerroin	381	
Puhallintyyppi	ER63Cpro	
Suorakäyttö		

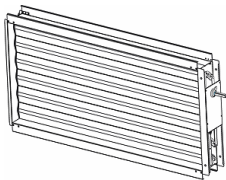
Moottori

Moottorityyppi	IE4, PM-moottori	
Moottorityyppi-Koko	HPS 112M	
Lämpösuoja	Termistori	
Nimellisteho	5.20	kW
Nimellisnopeus	1550	r/min
Maksiminopeus	1705	r/min
Nimellisvirta, [A]	10.9	A
Hyötysuhde	92.5	%
Hyötysuhde, todellinen toimintapiste	91.5	%

Taajuudenmuuttaja

Jännite	3x400	V
Taajuus toimintapisteessä	56	Hz
Maksimitaajuus	79	Hz
Taajuusmuuttaja johdotettu tehtaalla. (15.5 A)	1	kpl
Kok.tehontarve, ilman taajuusmuuntajaa	2.30	kW
Kok. tehontarve, taajuusmuuntajan kanssa	2.38	kW
Taajuusmuuttaja IP 20 on asennettu puhaltimen viereen. Taajuusmuuttajan ja moottorin välillä on suojattu kaapeli. Kaikki tarvittavat parametrit on aseteltu puhaltimelle sopivaksi konenmitoituksen mukaan. Sähkönsyöttö taajuusmuuttajalle tulee varustaa paikallisten säädösten vaatimilla lisäsuojauslaitteilla.		
Tarkistusikkuna	1	kpl
Ilmamäärämittari	1	kpl
Led-valo	1	kpl

Pelti



Painehäviö	2	Pa
Sälepeltili	Eristetty	

Muut osat

Lohkot

Tuote	Mitat (Leveys x korkeus x pituus)	Kokonaispaino
CS-60-1-1120-1-2	2170 x 2170 x 1120 mm	
CS-60-0-970-1-2	2170 x 2170 x 970 mm	
CS-60-0-1120-1-2	2170 x 2170 x 1120 mm	

Konealusta

Tuote	Mitat (Leveys x korkeus x pituus)	Kokonaispaino
DVZ-60-6-150-3240	2170 x 150 x 3210 mm	
Alustapalkit toimitetaan erikseen koteloihin ja ne pitää asentaa ennen kuin lohkot asennetaan niihin.		

Kiinteä kanavistoliitin, 20 mm LS-profiili

Tuote	Mitat (leveys x korkeus)
-------	--------------------------

Ulkoilma	2050x950 mm	
Tuloilma	2050x950 mm	
Poistoilma	2050x950 mm	
Jäteilma	2050x950 mm	

Tuotekoodi	Kuvaus	Lukumäärä
27319	DVCompact-60-RA-5,2-PM-400-w/a	1
26109	Pelti DVC-60 cl.3 insulated	2
B90502	Lämmöntalteenottopatteri DVRH-60-20R-23NC	1
B90502	Lämmöntalteenottopatteri DVRK-60-24R-24NC	1
17741	Äänenvaimennin DVD-60-1200	2
16601	Lämmityspatteri DVH-60-2R-19NC	1
17733	Äänenvaimennin DVD-60-900	1
16551	R2025-10-S2+LR24A-SR	1
15854	Konealusta DV-60-X	1
16396	VAV	1
33691	Peltimoottori - ulkoilma, Moottori, jousipalautteinen SF24A	1
33691	Peltimoottori, poistoilma, Moottori, jousipalautteinen SF24A	1
7899	TG-AH1/PT1000 Pinta-anturi	1
19674	Varasuodatin M5	1
17793	Varasuodatin F7	1
16543	Ilmamäärämittari	2
121706	Paineen mittanipat	2
73070	Led-valo	1