



Förbättring av inomhusluften med hjälp av ventilationen

Case Pisan päiväkoti

Mikael Berg

Examensarbete
Energi- och miljöteknik
2019

EXAMENSARBETE	
Yrkeshögskolan Arcada	
Utbildningsprogram:	Energi- och miljöteknik
Identifikationsnummer:	
Författare:	Mikael Berg
Arbetets namn:	Förbättring av inomhusluften med hjälp av ventilationen
Handledare (Arcada):	Ralf Carlsson
Uppdragsgivare:	Affärsverket Esbo lokaler
<p>Sammandrag:</p> <p>Examensarbetets rubrik valdes eftersom att problem med inomhusklimatet är ett aktuellt ämne. Examensarbetet utfördes som ett projektarbete vid affärsverket Esbo lokaler. Syftet var att förbättra inomhusluften i Pisan päviväkoti.</p> <p>Meningen med examensarbetet är att ge läsaren insikt i inomhusluftproblem och hur man kan lösa eller förebygga dessa problem med hjälp av ventilationen. Examensarbetet är menat för läsare utan tidigare kunskap inom inomhusluft eller ventilation. Därför inleds arbetet med en allmän beskrivning av inomhusluft och ventilationssystem.</p> <p>Ventilationssystemet fungerar som en helhet vars uppgift är att förse byggnaden med frisk luft och att upprätthålla god kvalitet på inomhusluften. Systemet ska föra ut orenheter och föroreningar som kan bidra till dålig inomhusluft. Enkla fel i ventilationssystemet kan leda till stora problem med inomhusluften och bör därför åtgärdas så fort som möjligt.</p> <p>Efter den inledande delen kommer ett exempelprojekt var det är problem med inomhusluften på grund av ett typiskt ventilationsfel. Liknande fel är vanliga och kommer med stor sannolikhet att förekomma i andra fastigheter också. Därför är det bra att identifiera problemet direkt innan det hinner bli ett allvarligt problem. Resultatet av examensarbetet är en guide för inomhusluftssaneringar.</p>	
Nyckelord:	Inomhusluft, Ventilationssystem, Inomhus klimat
Sidantal:	39
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Yrkeshögskolan Arcada	
Degree Programme:	Energi- och miljöteknik
Identification number:	
Author:	Mikael Berg
Title:	Indoor air improvements with the help of ventilation
Supervisor (Arcada):	Ralf Carlsson
Commissioned by:	Affärsverket Esbo lokaler
<p>Abstract: The thesis subject is Improvement of the indoor climate with the help of ventilation. The subject was chosen because problems with the indoor climate is a current subject. The thesis work has been carried out as a project work for Espoon Tilapalveluliikelaitos. The purpose was to improve the indoor air in Pisan päiväkoti.</p> <p>The purpose of this thesis is to give the reader an insight into indoor air problems and how to solve or prevent them from happening with the help of the ventilation system. The thesis is intended for readers with no prior knowledge of indoor climate or ventilation. Therefore, the thesis begins with an explanation of the basics of indoor climate and ventilation.</p> <p>The ventilation system functions as a whole whose task is to provide the building with fresh air and maintain a good indoor air quality. The system should carry out impurities and pollutants that contribute to bad air quality. Simple faults in the ventilations system can lead to major problems with the indoor air and should therefore be adjusted as soon as possible.</p> <p>After the first part of the thesis comes an example project where there are problems with the indoor air climate due to a typical ventilation failure. Similar faults are common and are most likely to occur in other properties as well. Therefore, it's good the identify the problem immediately before it becomes a serious problem. The result of the thesis is a guide for indoor climate reparations.</p>	
Keywords:	Indoor air, Ventilation system, Indoor climate
Number of pages:	39
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Yrkeshögskolan Arcada	
Koulutusohjelma:	Energi- och miljöteknik
Tunnistenumero:	
Tekijä:	Mikael Berg
Työn nimi:	Sisäilman parantaminen ilmanvaihdon avulla
Työn ohjaaja (Arcada):	Ralf Carlsson
Toimeksiantaja:	Affärsverket Esbo lokaler
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Opinnäytetyön aiheena on Sisäilman parantaminen ilmanvaihdon avulla. Opinnäytetyö on tehty projektityönä Espoon Tilapalvelu-liikelaitokselle. Tarkoituksena oli parantaa sisäilmaa Pisan päiväkotissa.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena on antaa lukijalle käsitys sisäilman ongelmista ja kuinka nämä ongelmat voidaan ratkaista tai estää ilmanvaihdon avulla. Opinnäytetyö on tarkoitettu lukijoille, joilla ei ole aikaisempaa tietoa sisäilmasta tai ilmanvaihdosta. Tämän takia opinnäytetyö alkaa sisäilman ja ilmanvaihtojärjestelmien periaatteista.</p> <p>Ilmanvaihtojärjestelmä toimii kokonaisuutena, jonka tehtävänä on tuottaa rakennukselle raitista ilmaa ja ylläpitää sisäilmaan hyvää laatua. Järjestelmän pitää viedä ulos epäpuhtauksia, jotka voivat vaikuttaa sisäilmaan. Yksinkertaiset viat ilmanvaihtojärjestelmässä voivat aiheuttaa suuria ongelmia sisäilmassa, joten ne tulisi korjata mahdollisimman pian.</p> <p>Opinnäytetyön ensimmäisen osan jälkeen esitetään esimerkki projekti, jossa sisäilmassa oli ongelmia yhteisen ilmanvaihtovian vuoksi. Samanlaiset viat ovat yleisiä ja todennäköisesti esiintyy myös muissa kiinteistöissä. Siksi on hyvä tunnistaa ongelma välittömästi ennen kuin siitä tulee vakava ongelma. Opinnäytetyön tuloksena on toimintaohje sisäilmakorjauksessa.</p>	
Avainsanat:	Sisäilma, ilmanvaihtojärjestelmä, sisäilmasto
Sivumäärä:	39
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	

INNEHÅLL

1	Inledning.....	8
1.1	Bakgrund	8
1.2	Syfte och målsättning	9
1.3	Avgränsningar	9
2	inomhusluft	10
2.1	Fysikaliska faktorer.....	10
2.1.1	<i>Temperatur</i>	10
2.1.2	<i>Luftfuktighet</i>	11
2.1.3	<i>Luftkvalitet</i>	12
2.1.4	<i>Ljud</i>	13
3	Inomhusluftproblems vanligaste orsaker	13
3.1	Luftburna partiklar.....	14
3.2	Asbest.....	14
3.3	Mineralull	15
3.4	Mikroorganismer.....	15
3.5	Gasformiga föroreningar	16
3.5.1	<i>VOC-föreningar (Volatile organic compounds)</i>	17
3.5.2	<i>koldioxid</i>	17
3.5.3	<i>Formaldehyd</i>	18
3.5.4	<i>Vätesulfid</i>	18
3.5.5	<i>Ozon</i>	18
3.5.6	<i>Radon</i>	18
4	Ventilation	19
4.1	Luftflöden.....	19
4.2	Ventilationssystemets uppbyggnad.....	20
4.3	Ventilationssystem.....	24
4.3.1	<i>S-system (Självdraagsventilation)</i>	25
4.3.2	<i>F-system (Mekanisk frånluftsventilation)</i>	25
4.3.3	<i>FT-system (Mekanisk till- och frånluftsventilation)</i>	26
4.3.4	<i>FTX-system (mekanisk till och frånluftsventilation med värmeåtervinning)</i>	27
4.4	Ventilationsproblem.....	28
5	Luftens rörelse.....	28
5.1	Luftdistributionsmetoder	29

5.2	Luftdon.....	30
5.3	Strukturella luftläckage	31
6	Undersökningsmetoder.....	31
6.1	Granskning av fastigheten och ritningarna.....	32
6.2	Granskning av ventilationssystemet och lufrörelser	32
6.3	Utredning av luftläckage	33
6.3.1	<i>Spårgasundersökning.....</i>	<i>33</i>
6.3.2	<i>Tryckmätning.....</i>	<i>33</i>
7	Case Pisan päiväkoti	33
7.1	Vatten och avlopp.....	34
7.2	Ventilation.....	35
7.3	Städning	37
7.4	Projektets uppföljning	37
8	Sammanfattning.....	38
	Källor / References	39

Figurer

Figur 1. Illustration av faktorer som påverkas av Relativa fuktigheten, Scofield-Sterling dia-gram, Hämtat från: (Warfvinge & Dahlbom, 2010.).....	11
Figur 2. Korrelation mellan relativa fuktigheten och temperaturen. Hämtat från Enervent.	12
Figur 3. roterande värmeväxlare. Hämtat från: ICHB, 2018.	23
Figur 4. plattvärmeväxlare. Hämtat från: ICHB, 2018.	23
Figur 5. batterivärmeväxlare. Hämtat från: ICHB, 2018.	24
Figur 6. Självdragsventilation. Hämtad från: Hengitysliitto.	25
Figur 7. Mekanisk frånluftsventilation. Hämtad från: Hengitysliitto.	26
Figur 8. FT-system. Hämtat från: Hengitysliitto.	27
Figur 9. FTX-systemprincipskiss. Hämtat från: ICHB, 2018.	27
Figur 10. Omblandande luftförling. Hämtat från: Fläkt woods, 2009.	29
Figur 11. Deplacerande luftförling. Hämtat från: Fläktwoods, 2009.	30
Figur 12. Kolvluffförling. Hämtat från: Fläkt woods, 2009.	30
Figur 13. Ytfuktmätare indikerar på fukt.	35
Figur 14. Jordnära betong.	35

Tabeller

Table 1. Mätresultat från luftmätningar.....	36
--	----

1 INLEDNING

Det här slutarbetet ”Förbättring av inomhusklimatet med hjälp av ventilationen” utfördes åt Affärsverket Esbo lokaler (Tilapalvelut – liikelaitos) även kallat TILPA som ägs av Esbo stad. TILPA har i uppgift att bygga och förvalta Esbos fastigheter samt lokaler. Eftersom att Esbo är en växande stad där antalet barn i skol och förskoleåldern har ökat markant, detta har lett till att man utnyttjar varje kvadratmeter i daghemmen och skolorna. Vilket kan leda till problem om inte hustekniken har tillräcklig kapacitet för det ökade användarantalet.

Examensarbetet börjar med en litteraturstudie där inomhusklimat och ventilation diskuteras på ett allmänt plan och avslutas med ett case projekt som utfördes i Pisan päiväkoti, där daghemmets användare klagat på hälsobesvär då de vistats i byggnaden. Det här examensarbetet kommer att behandla allmänt orsakerna till dåligt inomhusklimat i byggnader och hur man med hjälp av ventilationen kan åtgärda eller förebygga problemen

1.1 Bakgrund

Problem med inomhusklimatet anses skrämmande i vanlig folkmun och kopplas oftast ihop med fuktskador och de problem dessa medför, till exempel mögel. Medier skriver gärna om inomhusproblem och i dagens läge är det ett hett debattämne. Men den allmänna kunskapen om inomhusklimat är ganska dålig och orsakar mycket negativa skrivelser i medier.

Problematiken kring inomhusklimat är att det är ett så pass brett ämne och att åsikterna kring det är olika beroende vem man frågar. Som sagt tänker man i första hand på mögel och fuktskador men de kan de facto vara mycket mera komplexa än det.

Dagens byggnader har mycket teknik och mekaniska lösningar i sig, teknikfel eller användarfel kan leda till problem som man inte ser eller märker eftersom man inte har tillräckligt med kunskap om systemen och därför förväntar man sig att dessa skall fungera. Man vinner ofta mycket på att identifiera problemet vid ett tidigt skede och reparera det, innan större skada är skedd.

Beroende på den personliga känsligheten kan problemen resultera i allt från trötthet och huvudverk till lindrigare infektioner och irritationer på huden och slemhinnorna. Men även permanenta skador kan uppstå, så som astma och olika allergier.

Problemen är allvarliga för dem som blir sjuka men de har också en ekonomisk betydelse för fastighetsägaren och samhället. Enligt riksdagens granskningsutskotts utgivelse (1/2012, s 21) är de hälsorelaterade kostnaderna för fukt och mögelskador 23 - 953 miljoner euro. Här ingår kostnader för försämrad arbetskapacitet, förlust av arbetsförmåga, undersökning av sjukdomar och vård av sjukdomar.

Därtill kommer reparationskostnader som rör sig mellan 1,2 och 1,6 miljarder euro, år 2010, samt en värdeminskning på 3,3 - 34,3 miljarder euro. (Kari Reijula, 2012).

1.2 Syfte och målsättning

Syftet med det här arbetet är att lyfta fram orsaker bakom inomhusluftproblem och att man skulle kunna använda det här arbetet som en guide vid liknande projekt. Jag behandlar orsaker till inomhusluftproblem och fördjupar mig i hur man med hjälp av ventilationen kan åtgärda eller förebygga problemen.

Målet med arbetet är att sprida kunskap om ventilationssystem samt inomhusluftproblem till allmänheten. Målgruppen är studerande inom byggnadssektorn, fackmän, lärare och daghemspersonal. Arbetet kan också användas som guide i liknande saneringsprojekt.

1.3 Avgränsningar

Oftast då personer som rör sig i en byggnad får hälsoproblem misstänks fuktskador och de problemen fuktskador medför, mögel och mikrober är de man oftast hör om, men symptomen kan bero på andra faktorer. I detta examensarbete fokuserar jag på byggnaders ventilation och de problem som ett icke fungerande ventilationssystem medför, med ett fungerande ventilationssystem är risken för mögel och mikrober mindre då den för ut de orenheter och fukten från inomhusluften. Det tas även upp allmänt om olika faktorer som påverkar inomhusklimatet.

2 INOMHUSLUFT

Hur vi upplever inomhusluften kan vara beroende på många olika faktorer och hur dessa påverkas av varandra. Luften påverkas av både kemiska och biologiska föroreningar, partiklar och mikrober. Men även fysikaliska miljöfaktorer, luftens fuktighet och ventilationens funktion bidrar till inomhusluftens kvalitet. (THL, 2017)

Problem med inomhusluften kan leda till nedsatt komfort och försämrad trivsel inomhus, men den kan även ge hälsorelaterade problem. Symptomen kan vara trötthet, huvudvärk och koncentrationssvårigheter. Men det kan även vara hudsymptom såsom rodnad, torr hud, eksem och klåda. Ibland kan man även få slemhinne- och luftvägsbesvär som irriterar näsa, ögon och halsen med heshet samt hosta och övriga infektioner.

Alla människor reagerar olika starkt på problemen. Oftast är symptomen kortvariga och försvinner när man lämna byggnaden, men i vissa fall kan det leda till permanenta skador såsom astma.

(Hengitysliito, 2011)

2.1 Fysikaliska faktorer

En del fysikaliska faktorer har stor betydelse för byggnadens funktionsduglighet. Med bristande fysikaliska egenskaper försämras användarnas trivsel och produktivitet. Man strävar till att uppnå en bra termisk komfort vilket innebär att det skall vara en behaglig lufttemperatur, passlig luftfuktighet, bra luftkvalitet samt en luftcirkulation som täcker behovet. Även ljus och buller är fysikaliska faktorer som påverkar trivseln. Det får heller inte förekomma drag, eller obehagliga värmestrålningar.

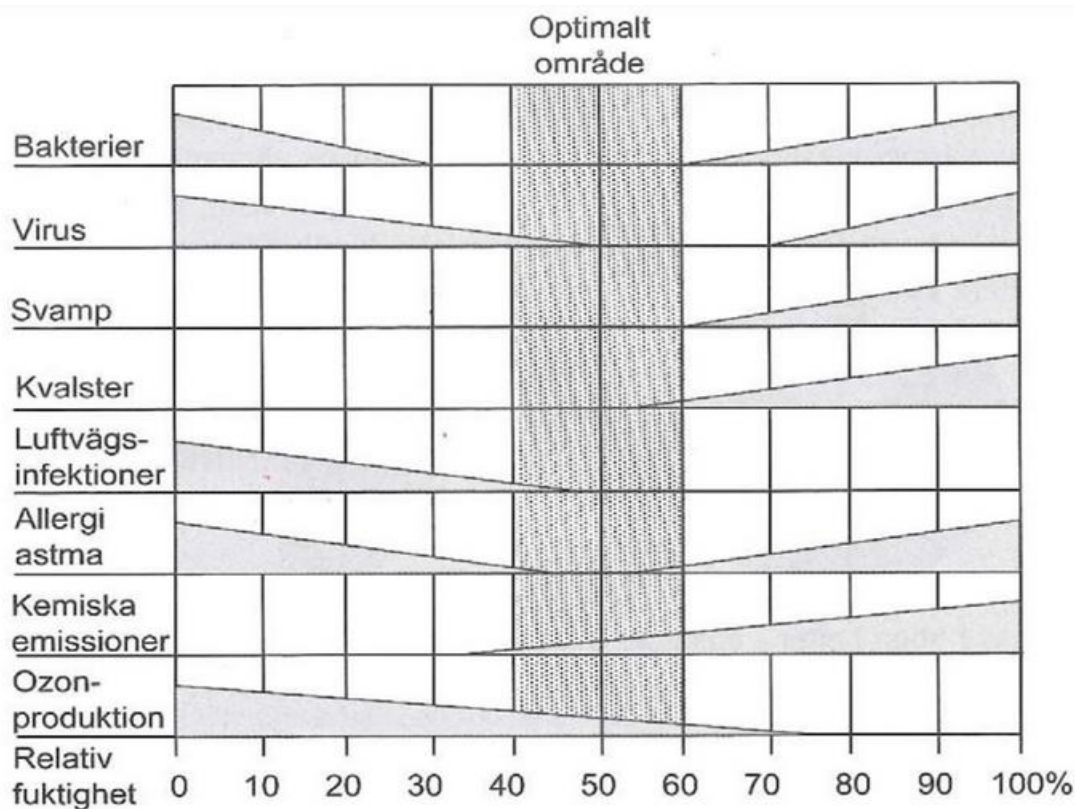
2.1.1 Temperatur

Olika människor upplever temperatur på olika sätt. I vistelsezonen skall det vara en trivsam inomhusmiljö under den planerade användningstiden. Luftens rörelse, temperaturskillnader, yttemperaturer och värmestrålning får inte förorsaka obehag.

En behaglig inomhustemperatur är 21 °C. Vid uppvärmningsperioden, vintern, kan rumstemperaturen dock variera mellan 20 och 25 °C och utanför uppvärmningsperioden, sommaren, mellan 20 och 27°C. (Miljöministeriets förordning 1009/2017 4 §)

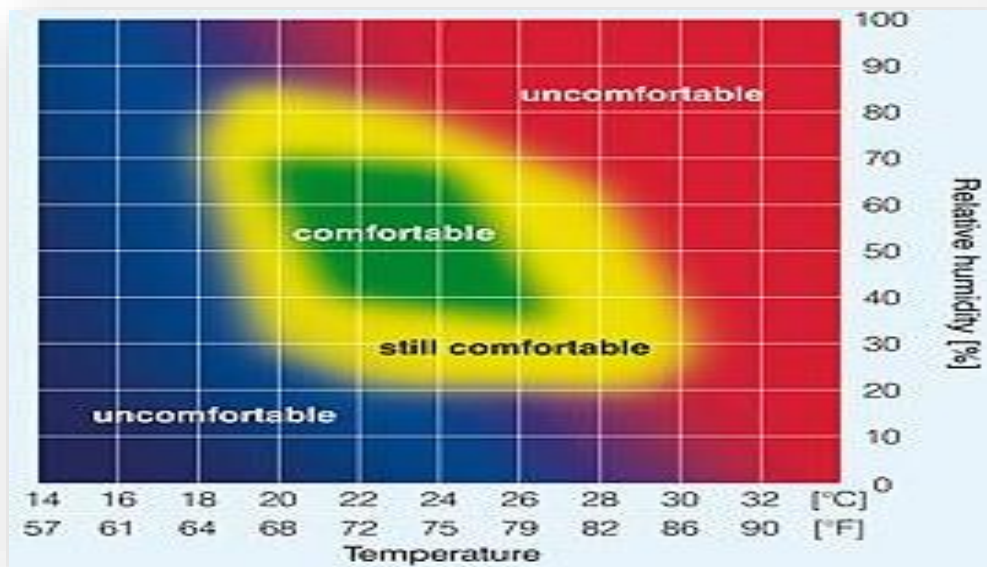
2.1.2 Luftfuktighet

I Finland har vi väldigt varierande luftfuktighet beroende på om det är vintertid eller sommartid, Vintertid är det väldigt torrt och på sommaren är det fuktigt. Den torra luften vintertid förstärker de föroreningar som redan finns i luften och därmed kan inomhusluften kännas värre vintertid. För att undvika tillväxten av mikrober och fuktskador bör luftfuktigheten inomhus behärskas. Luftfuktigheten bör ligga mellan 40% till 60% RF (relativ luftfuktighet), lägre nivåer upplevs som torrt och dammigt och högre uppfattas som klabbigt. Ifall inomhusluften konstant är för fuktig så kan luften kondensera i konstruktionen eller ventilationssystemet och detta kan ge upphov till att det uppkommer mikroorganismer där. (Hengitysliito, 2011)



Figur 1. Illustration av faktorer som påverkas av Relativa fuktigheten, Scofield-Sterling dia-gram, Hämtat från: (Warfvinge & Dahlbom, 2010.)

I bilden ovanför ser man ett tydligt diagram som illustrerar vilka faktorer som påverkas av RH och varför man strävar till att hålla sig mellan 40-60%.



Figur 2. Korrelation mellan relativa fuktigheten och temperaturen. Hämtat från Ener-vent.

Bilden ovanför visar området där korrelationen mellan temperatur och relativ fuktighet som människor skulle klassificera som bekväm. Det blåa och röda är obekvämt, gröna är bekvämt och det gula är sämre men fortfarande bekvämt. Som man kan avläsa i bilden så ju högre luftfuktigheten är ju lägre måste temperaturen vara för att människan skall uppleva luften bekväm.

2.1.3 Luftkvalitet

Genom att förhindra skadliga ämnen från att blanda sig i inomhusluften får vi ett bra inomhusklimat. Vi kan dock inte förhindra alla skadliga utsläpp från att blanda sig i inomhusluften. Bland annat emissioner från olika byggmaterial, parfymers och damm påverkar inomhusluftens kvalitet, även människan tillför koldioxidutsläpp genom utandningen. Alla material ger ifrån sig någon form av gaser eller lukter. Vid nybyggen rekommenderas att man använder material med låg emissionshalt, helst M1-klass, då dessa ger ifrån sig mindre lukter och gaser. Det är ventilationens uppgift att föra ut dessa orenheter och tillföra ny frisk luft.

Det finns enligt Finlands inomhusluftklassificering (2018) tre klasser för inomhusluft. S1, S2 och S3. dessa klasser är uppbyggda på olika krav på inomhusluften. Man ska

dock komma ihåg Finlands inomhusluftklassificering är inte krav på byggandet utan fungerar mera som riktlinjer för planerare och entreprenörer.

2.1.4 Ljud

Ljudnivån i byggnaden bör vara trivsamt, vilket innebär att VVS- utrustningen inte får ha störande ljud, i miljöministeriets förordning om ljudmiljö (796/2017) står det att byggnadens huseknik inte får tillföra störande ljud eller vibrationer. Beroende på vad rummets användningsområde är så har det olika gränsvärden. I rum som används som sovsal får inte medelljudnivån överskrida 25 decibel, i övriga rum är det mellan 33 och 43 decibel.

3 INOMHUSLUFTPROBLEMS VANLIGASTE ORSAKER

Unkenhet beror oftast på att ventilationen är bristfällig eller att det är hög lufttemperatur eller fuktighet. Men även bristfällig städning har en unken påverkan.

Mögellukt Indikerar på fuktskada i byggnaden eller att något material har blivit mögelskadat.

Drag orsakas av luftläckage genom klimatskalet, låg rumstemperatur eller kalla ytor. Även feljusterad eller dåligt planerad ventilation kan ge en känsla av drag. Allt för låg tilluftstemperatur eller för högt luftflöde kan ge en känsla av drag, även ett felriktat tilluftsdon har en påverkan.

Torr inomhusluft är vanligt under vinterhalvåret då det är låg utomhustemperatur och hög inomhus temperatur. Även damm och orenligheter från bristfällig städning bidrar till torr inomhusluft.

Hög rumstemperatur Beror oftast på felaktigt justerat uppvärmnings- eller ventilationssystem, Värmebelastningar från maskiner och människor, solinstrålning.

Låg rumstemperatur beror oftast på felaktigt justerat uppvärmnings- eller ventilationssystem, luftläckage genom klimatskalet eller bristfällig värmeisolering. Även möbler som står framför värmeelement bidrar till en lägre rumstemperatur.

Avloppslukt kommer oftast från smutsiga, uttorkade eller söndriga golvvannar. men även sprickor i rören eller bristfälliga tätningar i skarven mellan rören kan avge

avloppslukt. Avloppslukten kan också nå till ventilationen ifall avloppets takgenomförning är för nära ventilationens friskluftsintag. (Hengityслиito)

3.1 Luftburna partiklar

Partiklar är fasta föremål som kan vara mellan några millimetrar till en miljondelsmillimeter stora. Hur länge partiklarna är i inomhusluften beror på dess storlek, ju mindre de är desto längre svävar de omkring i inomhusluften. Hur farliga partiklarna är hälsomässigt beror i första hand på storleken på partiklarna, men även mängden av partiklar och ifall de är skadliga ämnen fast på dem. De flesta partiklar kommer utifrån in, genom otätheter i konstruktionen eller genom ventilationssystemen. Men en del partiklar uppstår även inomhus från bland annat tobaksrök, förbränningsrök, textilier och hudpartiklar. etc. Skadliga partiklar och ämnen kan bindas till partiklarna från till exempel mineralull, mögel, bakterier och asbest. (Valvira, 2016)

Partiklarna delas in i olika kategorier beroende på sin storlek. PM1, PM2.5 och PM10, 80% av alla partiklar hör till klass PM1, dessa har en aerodynamisk diameter på mindre än 1 µm och kan tränga sig in i blodomloppet och kan orsaka cancer, hjärt-och kärlsjukdomar och demens. PM2.5 har en aerodynamisk diameter på under 2.5 µm och kan tränga sig in i lungorna och orsaka nedsatt lungfunktionalitet och hud och ögonproblem. PM10 kan tränga sig in till inandningsvägarna och kan leda till nedsatt lungfunktionalitet. Det finns också total suspenderande partiklar som är lite större och är likt damm. (Eurovent 4/23-2018)

En bra inomhusluft har låg partikelhalt. Med regelbunden städning samt val av sådana möbler som inte samlar mycket damm håller man partikelhalten lägre. Men även ett väl fungerande ventilationssystem hjälper till att föra ut partiklarna, man bör komma ihåg att byta filtret i ventilationssystemet regelbundet eller efter behov.

3.2 Asbest

Asbest har förekommit i många byggmaterial fram tills 1970-talet. Asbest är ett samlingsnamn för kristalliserade fiberartade silikater och användes ofta till rörisoleringar,

ventilationskanaler, lim, fixbruk och byggskivor med mera. Asbest användes i byggnadsmaterial på grund av dess kemiska hållbarhet, värmeisoleringsförmåga samt mekaniska hållbarhet.

Asbest i sig är inte hälsofarligt så länge det är intakt eller inkapslade, däremot ifall det går sönder kan det sprida sig asbestfibrer som är skadliga i inomhusluften. Asbestfibrer är skadliga vid inandning och kan orsaka allvarliga skador och sjukdomar på andningsorganen och lungor, även cancer i lungor och bukhinnan kan orsakas av asbest. Symptomen eller själva insjuknandet av asbestexponering sker först efter 10 – 50 år.

Det är alltså vid rivning av asbest eller när asbesten är i dåligt skick som asbestfibrerna kan sprida sig i inomhusluften. Vid asbestsaneringar är det extra viktigt med arbetszonisolering, undertryck och städning så att inte asbestfibrerna sprider sig. I inomhusluften får asbestfiberhalten inte överskrida 0,01 fibrer per 1 cm³ och det får inte förekomma asbestfibrer i dammpartiklarna som lagt sig. (Valvira, 2016)

3.3 Mineralull

Mineralullen används oftast som värme- och ljudisolering. Ullen är uppbyggd av långa och tunna mineralfibrer som binds ihop och bildar en luftig massa. Så länge ullen hålls intakt utgör den ingen hälsorisk. Mineralullsfibrer kan komma in i inomhusluften ifall klimatskalet är bristfälligt och det bildas luftläckage så att utomhusluften släpps att strömma genom vägg- eller takkonstruktionen okontrollerat. Men oftast kommer de från ventilationssystemets isoleringar och akustikskivor som är i dåligt skick. Fiberhalten i damm som lagt sig får inte överskrida 0,2 fibrer per kvadratcentimeter. (Valvira, 2016)

3.4 Mikroorganismer

Mikroorganismer, eller mikrober som de brukar kallas, är så små att man måste ha mikroskop för att kunna studera dem. Mikroberna består av flera celler som binds samman. Mikroorganismerna finns överallt och har en viktig roll i naturens kretslopp då de hjälper till att bryta ner dött organiskt material till jord. Mikroberna kan växa på byggmaterial och då kallar vi dem oftast för mögel. Mögel består i sin tur av olika typer av bakterier och svampar. Ifall konstruktioner angrips av mikrober är risken att inomhusluften påverkas negativt, det kan till exempel bidra till olika lukter och vissa mikrober

kan vara hälsofarliga. Alla sorters mikrober och svampar är inte hälsofarliga däremot kan de skada huset i form av röta som försämrar konstruktionernas fysikaliska hållfasthet.

Mikroorganismer finns överallt i omgivningsluften i form av sporrar. Halterna sporrar varierar efter årstiderna och klimatet, högsta halten är under sensommaren och hösten. Mikroorganismerna kan inte växa i luften utan måste vara på ett material. Sporerna som finns i omgivningsluften sedimenterar sedan på ytor till exempel byggmaterial, enbart förekomsten av sporer betyder inte att det är en skada. För att mikroorganismerna skall kunna växa och en skada skall komma krävs att vissa miljöfaktorer uppfylls. Den viktigaste faktorn mikroorganismerna behöver för att ett angrepp skall kunna ske är förekomsten av fukt, det krävs ett konstant RF på 70 – 75 %, men även andra kriterier måste uppfyllas såsom passlig temperatur, +10 - 55 °C och tillräcklig syreåtkomst. Överstiger fukthalten 90 % för snabbas tillväxten betydligt. Mikroorganismerna går i viloläge ifall temperaturen går under 0 °C vilket innebär att tillväxten avstannar men mikroorganismerna lever vidare och väntar på bättre förhållanden. Även materialet spelar en viss roll, Organiska material såsom trä, tyger och spånskivor angrips snabbare av mikroorganismer än oorganiska byggmaterial.

Mikrobtillväxt kan misstänkas vid unken lukt i fastigheten. Ibland kan man se synliga fuktfläckar eller mögeltillväxt i form av svarta prickar. Ofta är mögelskadorna dolda inne i konstruktionen eller vid ventilationskanaler. Mögel, mikrobernas sporer och lukt sprids till inomhusluften på grund av felaktig ventilation eller ifall byggnaden är i undertryck.

Det finns många olika arters mikrober. Som tidigare sagt är inte alla hälsofarliga, däremot kan de ha olika hälsoeffekter. Vissa har toxiska effekter vilket innebär att de skapar giftiga ämnen som är skadliga vid inandning. Mikroskador kan även orsaka övriga hälsobesvär som irritation i ögon, näsa och hals, allergier, torra slemhinnor, trötthet, huvudvärk, luftvägsinfektioner hosta och heshet med mera. (Pernilla Johansson, 2006)

3.5 Gasformiga föroreningar

Det finns ett flertal gasformiga orenheter som kan blanda sig i inomhusluften. Dessa gaser kan komma från emissioner från byggnadsmaterial men även från personer som använder utrymmena. Ifall halten av gasformiga orenheter blir stora kan dessa orsaka

besvär och symptom hos personer som vistas i Fastigheten. I följande stycke presenteras gaser som kan vara bidragande faktorer då människor mår dåligt i en fastighet.

3.5.1 VOC-föreningar (Volatile organic compounds)

VOC-föreningar är ett samlingsnamn för lättflyktiga kolbaserade organiska föreningar som lätt förångas vid rumstemperatur. Föroreningskällor är bland annat utomhusluft, kemikalier, mikrober, inredning och byggmaterial. Ett nytt material emitterar mera gaser än ett äldre material, emission minskar med tiden. Emissionen kan även för snabbas genom påverkan av yttre omständigheter så som fukt eftersom att fukten påverkar materialets sönderbrytningsprocess.

Somliga VOC-föreningar orsakar starka lukter och i vissa fall kan de också skapa hälsoproblem. Det finns alltid VOC-föreningar i inomhusluften, men i normala fall är koncentrationerna låga men ifall värden stiger kan dessa orsaka irritation i ögon och luftvägar, även upplevelse av dålig luftkvalitet kan orsakas av VOC. (Karolinska institutet, 2014)

3.5.2 koldioxid

Koldioxid är en naturlig del av luften, utomhusluften har ca 350ppm (parts per million, 1 ppm = 1 mg/l). Inomhus kan halten dock bli hög eftersom att människor alstrar koldioxid, det är främst vår egen utandningsluft som är största orsaken. (Sisäilmayhdistys, 2008).

Enligt miljöministeriets förordning för inomhusluften borde inte koldioxidhalten överstiga 800ppm över utomhusluftshalten. Vilket då skulle motsvara klass S3. Gränsen för S1 är 350ppm över utomhushalten och S2 är 550ppm över utomhusluften. (Sisäilmas-toluokitus, 2018)

En hög koldioxidhalt i inomhusluften uppfattas unken och kan orsaka trötthet, huvudverk samt koncentrationssvårigheter. Koldioxidhalten kan bli hög i utrymmen där många vistas samtidigt, till exempel klassrum och vilorum. För hög koldioxidhalt är ett tecken på att ventilationen är otillräcklig. (valvira, 2016)

3.5.3 Formaldehyd

Formaldehyd är en färglös gas som finns i ett limämne, ureaformaldehydharts, som används vid framställning av bland annat spånskivor, lim, lack, bergull och målfärg. Formaldehydbehandlade material tillför gasen till inomhusluften. Gasen ger ifrån sig en stickande stark lukt. Formaldehyd har irriterande effekter för ögon och luftvägar. Man känner först av lukten när den överskrider $35 \mu\text{g} / \text{m}^3$, De irriterande effekterna kan börja tidigare. (Valvira, 2016)

3.5.4 Vätesulfid

Vätesulfid eller svavelväte är en giftig gas och luktar till ruttna ägg. Gasen bildas vid syrefattigmiljö var nedbrytning av avloppsvatten sker. Gasen kommer till inomhusluften via avlopp med bristfälliga eller söndriga tätningar. Vätesulfid orsakar andningsbesvär, irritation i ögon och huvudverk. (Svenska miljöinstitutet, 2019)

3.5.5 Ozon

Man talar ofta om två olika ozonskikt, ozonlagret som är uppe i atmosfären och marknära ozon som man hör på namnet att finns på marknivå. Ozonlagret är bra eftersom de absorberar ultraviolett ljus från att nå jorden medans marknära ozon är mindre bra eftersom de påverkar djur och växter negativt. Marknära ozon bildas då förorenad luft reagerar med solljus.

En ökad mängd ozon påverkar människans hälsa negativt med irriterande effekter på lungfunktionen, särskilt känsliga är personer med astma. (Naturvårdsverket, 2018)

3.5.6 Radon

Radon är en gas som varken syns eller luktar, den är dessutom radioaktiv vilket gör den extra farlig. Då det radioaktiva grundämnet radium sönderfaller bildas det radongas. Radon förekommer i sandig jordmån och stiger ur marken. Radongasen kommer in i inomhusluften genom ytterst små sprickor och otätheter i byggnadsgrunden. Då radonet följer med i inandningen utsätts lungorna för joniserande strålning. Lång vistelse i utrymmen med ökad radonhalt innebär en ökad risk för lungcancer.

Social- och hälsovårdsministeriet har tagit fram ett maximivärde för radonhalten i inomhusluften (994/92). Radonhaltens årsmedelvärde får inte överskrida 400 becquerel per kubikmeter (Bq / m³). För nya byggnader som byggs gäller 200 Bq / m³. (Valvira, 2016)

4 VENTILATION

Ventilationen ser till att inomhusluften hålls hälsosam, trygg och av behaglig kvalitet. Ventilationens uppgift är att tillföra tillräckligt med ny frisk uteluft till byggnaden och avlägsna sådana ämnen som kan vara farliga för hälsan från inomhusluften. Den skall även föra ut lukter som förminskar trivselen, upprätthålla en lämplig fukthalt och föra ut föroreningar som skapats av användaren och byggprodukter. Den skall även se till att orenheter och lukt inte sprids mellan olika rum.

För att en trivsamt inomhusmiljö skall uppnås krävs tillräcklig luftväxling, luftflödena skall vara i balans och det bör ske ett regelbundet underhåll av ventilationssystemet. Korrekt dimensionerad ventilation är grunden för en ansenlig inomhusluftkvalitet.

4.1 Luftflöden

Ventilationen ska förse fastigheten med tillräckligt mycket ny frisk uteluft för att bibehålla en hälsosam och behaglig inomhusluft i vistelseutrymmena. Man planerar i första hand luftflödena enligt utrymmets användarantal, tilluftflödet ska vara minst 6 dm³/s per person under användningstiden, ytterligare luftflöde kan behövas beroende på rummets användningsändamål. Dock måste hela husets tilluftsflöde vara dimensionerat till minst 0,35 (dm³/s) / m² golv area. (Miljöministeriets förordning, 1009/2017)

Inomhusklass S3 uppnås med miljöministeriets förordning, för S2 och S1 krävs följande:

- S2: 0,35 (dm³/s) /m² plus 7 l/s per person
- S1: 0,5 (dm³/s) /m² plus 10 l/s per person

Tilluften får inte blockeras av möbler eller konstruktioner inne i rummet, den ska kunna cirkulera som planerat i utrymmena den skal betjäna. Tilluften ska byta ut de orenheter som uppkommer under användningen. Överluft eller återluft får endast tas från ett rum vars luft är renare eller lika ren som luften dit den skall föras. Luft som förs från ett rum

till ett annat kallas ofta för överluft, återluft är återvunnen luft från frånluften som transporteras tillbaka med tilluften. Användning av över-, åter- eller cirkulationsluft får inte sprida skadliga föroreningar eller lukter. Luft från professionella kök, undervisningsutrymmen, vilosalar, lek och grupprum får inte användas som återluft. (Miljöministeriets förordning, 1009/2017)

4.2 Ventilationssystemets uppbyggnad

Innan utomhusluften har kommit in i byggnaden genomgår den, för system med tilluftskanaler (FT- och FTX-system), flera olika etapper som ser till att luften är bland annat ren, i rätt temperatur och har passlig fuktighet. De komponenter som luften passerar innan den blåses in kan vara, i ingen specifik ordning, galler, spjäll, filter, luftvärmare/kylare, värmeåtervinningsaggregat, avfuktare/fuktare, fläktar, ljuddämpare och kanaler.

Galler och skenor

Galler finns för att motverka insekter och den värsta smutsen från att ta sig in i kanalerna och stocka filtren direkt. Vinklade skenor finns i anslutningen till gallret och fungerar som skydd mot regn och snö.

Filter

Filter fungerar som systemets luftrenare. För att förhindra bakterier och andra hälsofarliga föroreningar såsom partiklar från att nå inomhusluften filtrerar man både till- och frånluften. Filtringen skyddar även värmexlaren och batterierna från föroreningar. Man filtrerar frånluften av miljövänliga skäl, för att inte släppa ut de föroreningar som har skapats i fastigheten till utomhusluften. Det uppstår ett tryckfall över filtren som ökar proportionellt efter mängden smuts som filtren samlar. För att tryckfallet inte ska bli för stort behöver man byta filter vid behov, blir filtren för smutsiga tappar de sitt syfte. Även fläktarna behöver arbeta mera vid smutsiga filter. Därför har det gjorts rekommendationer hur ofta filter behöver renas eller bytas. Men det finns även skäl att installera en tryckvakt som varnar när tryckfallet blir för stort, vilket indikerar att det är dags att byta filter.

Kanalsystem

För att förflytta luften till olika delar av rummen behövs ett kanalsystem. Det finns både rektangulära varianter och cylinderformade kanaler, det är oftast gjorda av galvaniserad tunnplåt eftersom de både är billigt och brandsäkert. Man försöker oftast använda den cylinderformade varianten eftersom att formen gör att tryckfallet är lägre än i de rektangulära varianterna. Rektangulära varianten används då man försöker spara utrymme.

Ljuddämpare

Vissa av ventilationssystemets komponenter har ljud när de arbetar och skapar buller, till exempel fläktarna. Därför ljuddämpar man systemet så att det inte skall bli störande. Bland annat ljudisolerar man själva kanalsystemet. En eller flera ljuddämpare kan också strategiskt placeras i systemet för att ge den bästa effekten.

Spjäll

Det finns många olika varianter av spjäll beroende på ändamålet, brand-, intags-, injusterings-, blandnings- och avstängningsspjäll. Spjäll används för att dämpa trycket eller justera luftflödet. Även här kan det finnas skäl att installera en tryckvakt som indikator ifall ett spjäll oönskat har stängts.

Fläkt

Med hjälp av fläktar transporteras luften i kanalen. Alla krökningar i kanalen, filter, kanalväggarna med mera skapar ett luftmotstånd och ett högre tryckfall. Genom att öka luftförlusten med hjälp av fläktar neutraliseras detta tryckfall. Fläkten är oftast placerad sist i aggregatet för att inte störa de andra delarna, men inte alltid.

Eftersom att fläktar generellt har hög elkonsumtion är det viktigt att välja en passande fläkt för att klara av systemets behov.

Fuktare/avfuktare

Fuktare används då man vill öka luftens RH. Den strömmande luften får komma i kontakt med vattenånga. Fuktare används oftast under vinterhalvåret då utomhusluften är torr.

Avfuktare används under sommarhalvåret då luften är varm och fuktig, vanligaste metoden är att kyla luften under dess dagpunkt så att den kondenserar. Där efter vid behov värma upp den till önskad temperatur.

Luftvärmare/kylare

Det kan finnas skäl att värma eller kyla tilluftstemperaturen, detta sker med hjälp av ett batteri. Batterierna kan fungera som kyl, värme eller kombinationsbatterier. Batterier innehåller rör med flänsar. I rörledningarna finns ett strömmande medium, oftast varmvatten, men det finns också elburna batterier. Tilluften i värmebatteriet far genom ett filter och leds därefter mot de heta lamellerna för att värmas upp.

För att undvika att rören fryser sönder regleras vattnets hastighet i rörledningarna. Laminärt flöde fryser lättare.

Kylningen sker med ett kylbatteri. Det är kylbehovet som bestämmer hur stort batteriet behöver vara eftersom att det krävs större yta för att kyla. När man kyler bildas kondens, därför får lufthastigheten genom batteriet max vara 2,5 m / s. Annars kan dropparna följa med i luften. Kondensvattnet förs bort genom ett avlopp.

Värmeåtervinningsaggregat

Att värma luften med luftvärmare är energikrävande, för att minimera energibehovet tillvara tas värmeenergin från frånluften med hjälp av värmeåtervinningsaggregat.

Värmeväxlingen sker av värmeöverföring mellan ytor. Värmen kan överföras regenerativt eller rekuperativt. Regenerativ värmeöverföring sker genom att ett material omväxlande värms och kyls. När värmen strömmar genom ett material kallas det rekuperativ värmeöverföring

Det finns olika sorters värmeåtervinnings metoder.

Återluft

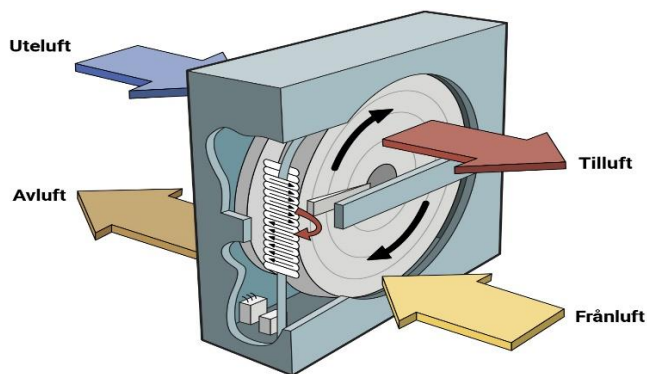
Tillvaratagande av återluften har ekonomiska fördelar. Genom att blanda frånluften med tilluften höjs temperaturen för tilluften. Men eftersom metoden inte har någon utpräglad luftreningsmetod så återförs även föroreningarna som skapats i inomhusluften. Av denna orsak är det endast tillåtet att använda återluft från utrymmen vars luft är lika ren eller renare.

Roterande värmeväxlare

Roterande värmeväxlaren är konstruerad av två parallella kanaler, till- och frånluftkanal, med ett roterande hjul bestående av vecklade aluminiumprofiler mellan dem.

Frånluftskanalen värmer upp rotorn och avger sedan värmen till tilluftskanalen, alltså är det en regenerativ värmeväxlare. Verkningsgraden kan vara upp till cirka 80% och genom att ändra varvantalet kan man justera verkningsgraden ifall behovet av värme inte är så stort. Den har även lågt tryckfall vilket betyder att fläkteffektbehovet också är lågt.

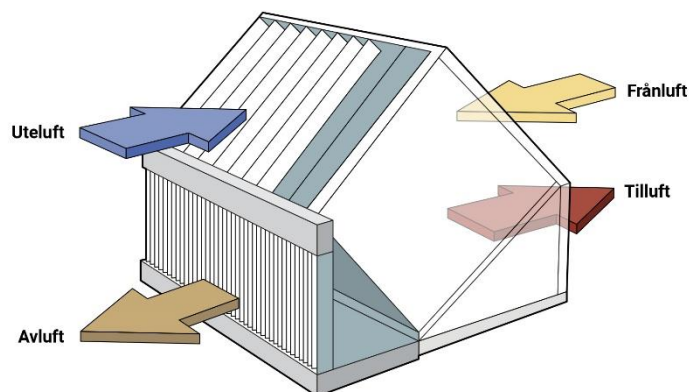
Tyvärr för den roterande värmeväxlare även över lukt och föroreningar från frånluften till tilluften. Därför används den inte lika frekvent som övriga system.



Figur 3. roterande värmeväxlare. Hämtat från: ICHB, 2018.

Plattvärmeväxlare

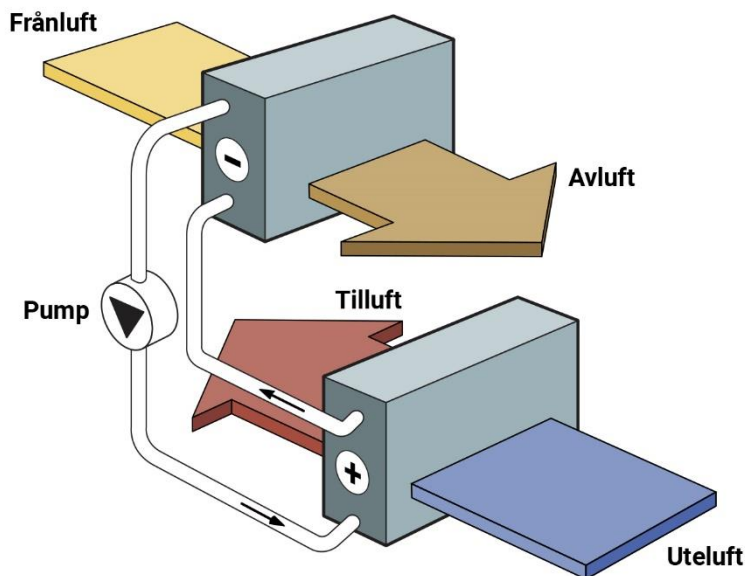
Plattvärmeväxlare kan även kallas motströmsvärmeväxlare eller korsströmsvärmeväxlare. Tekniken är väldigt simpel, Frånluften värmer upp tilluften genom att passera varandra i ett lamellpaket av vecklade aluminiumplåtar. Den varma frånluften värmer upp plåtarna och den kalla tilluften tar upp värmen Eftersom att luftflödena inte är i direktkontakt med varandra är det ett hygieniskt säkert system.



Figur 4. plattvärmeväxlare. Hämtat från: ICHB, 2018.

Batterivärmeväxlare

Batterivärmeväxlare består utav två sammankopplade batterier, ena i tilluftskanalen och andra i frånluftskanalen. Batterierna är sammankopplade med en vätskekrets som tar tillvara värmen från frånluften och avger den till tilluften. Eftersom luftflödena inte är i direktkontakt med varandra är det ett hygieniskt säkert system.



Figur 5. batterivärmeväxlare. Hämtat från: ICHB, 2018.

4.3 Ventilationssystem

Ventilationssystemet ska fungera ändamålsenligt under normala väderförhållanden för att bibehålla en hälsosam och trivsamt inomhusluft hela tiden.

Ventilationssystemet ska alltid vara på, även när ingen vistas i utrymmena, men då kan den köras på lägre effekt för att spara energi.

Eftersom ventilationssystemets funktionalitet är en så central del av inomhusluftens kvalitet är det viktigt att det finns ett varningssystem som varnar när det inte fungerar som det är planerat. Därför förses systemet med mätinstrument, inställningsmöjligheter och övervakningssystem som är lättåtkomliga.

Ventilationen kan utföras med tre olika funktionsprinciper, ventilation med självdrag, mekanisk frånluftsventilation och mekanisk till- och frånluftsventilation.

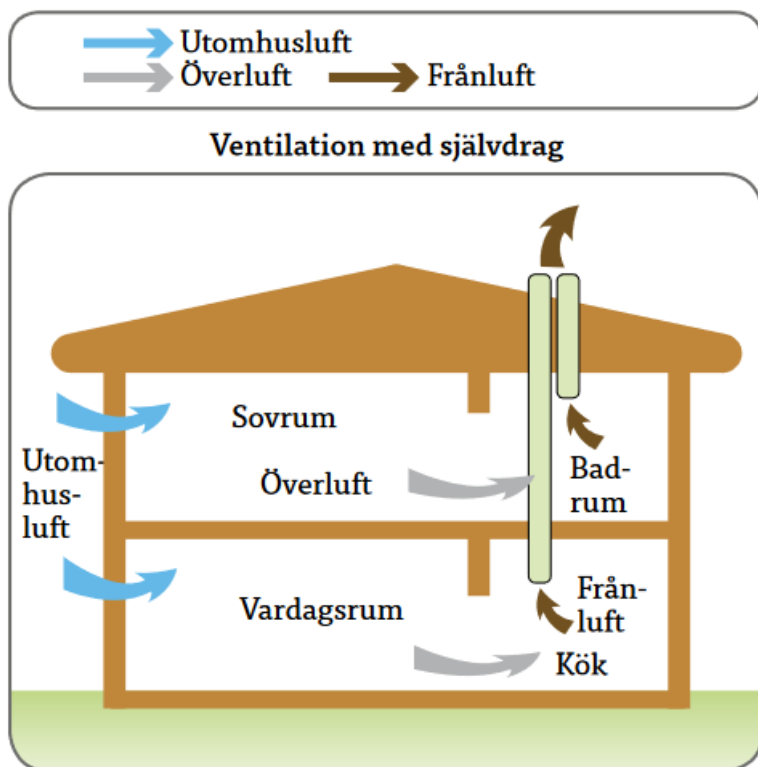
När man manipulerar luften med fuktning eller kylning talar man om luftkonditionering.

4.3.1 S-system (Självdagsventilation)

Självdagsprincipen grundar sig i tryckskillnader som skapas i utrymmet, men även tryckskillnaden på utomhus luften och inomhusluften. Varmluften i utrymmet stiger uppåt och knuffas på det viset ut genom luftkanalen, när luften stiger och far ut bildas ett undertryck som suger in ny luft genom fönster- eller väggventiler, men kan också sugas in genom sprickor och otätheter i klimatskalet.

Fram till 1960-talet bestod nästan all ventilation av självdagsdrag men nuförtiden planerar man sällan självdagsventilation. Orsaken till det är att det varken är ett energieffektivt system eller speciellt konstant.

Vid renovering av gammalt hus med självdagsventilation finns skäl att se över ventilationen efter renoveringen eftersom att man idag bygger lufttäta hus vilket påverkar tilluftsflödet.



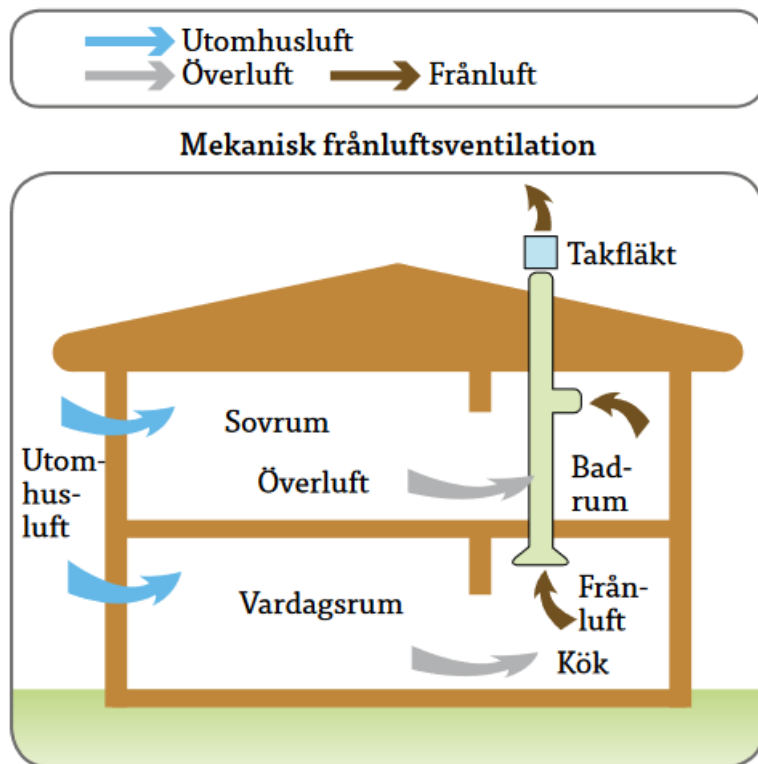
Figur 6. Självdagsventilation. Hämtad från: Hengitysliitto.

4.3.2 F-system (Mekanisk frånluftsventilation)

Mekanisk frånluftsventilation är i princip självdagsventilation som mekaniskt gjorts mer effektiv med en fläkt i luftkanalen som hjälper till att suga ut luften och på så sätt blir det

ett undertryck i utrymmet och det sugas in ny luft genom tilluftsventiler. Med hjälp av fläkten har man löst problemet att luften färdas åt fel håll i kanalen.

Mekanisk frånluftsventilation blev populär 1960-talet. Problemet med mekanisk frånluft är att ifall man inte får tillräckligt med ersättningsluft. Ifall man inte har tillräckligt med tilluftsventiler börjar det suga genom konstruktionen och då kan det resultera i känsla av drag.



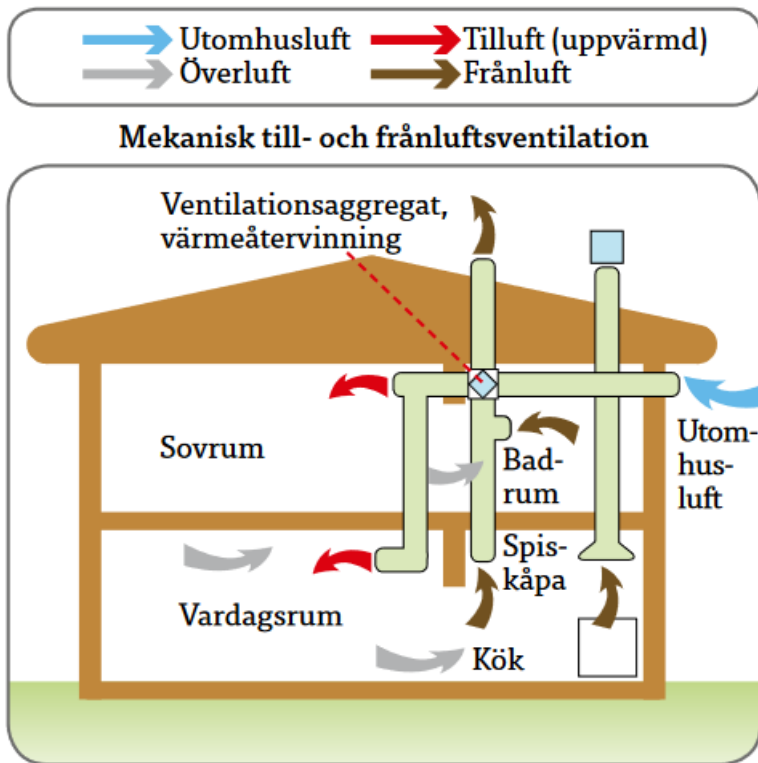
Figur 7. Mekanisk frånluftsventilation. Hämtad från: Hengitysliitto.

4.3.3 FT-system (Mekanisk till- och frånluftsventilation)

I dagsläget planeras de flesta hus med mekanisk till och frånluftsventilation, eftersom man med det får en balanserad och kontrollerad ventilation i hela fastigheten.

Med mekanisk till- och frånluftsventilation förs både till och frånluften mekaniskt, med hjälp av fläktar.

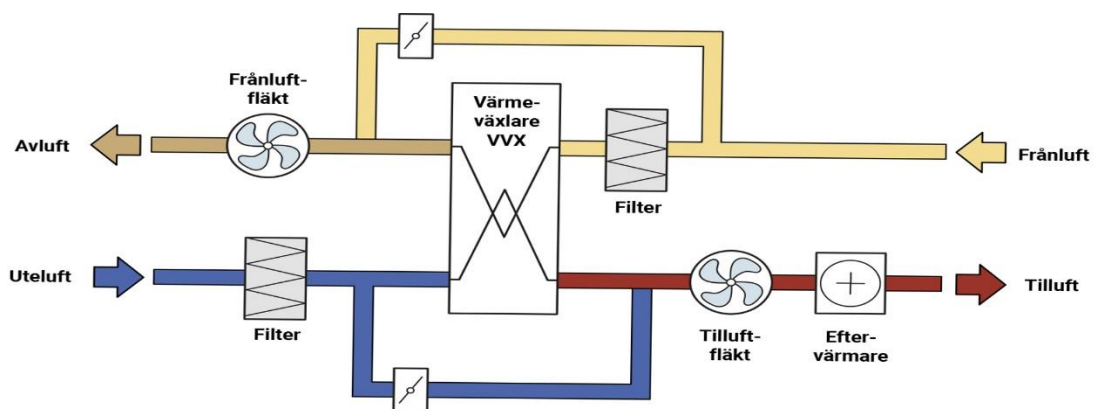
Idag bygger vi täta, energisnåla hus vilket gör att vi inte kan suga in tilluft genom klimatskalet, därför behöver vi suga in tilluften mekaniskt. Fördelen är att vi kan själv bestämma luftmängden som skall tillföras, och kan på så vis anpassas till användare antalet. Man behöver inte heller bekymra sig om uteluftförhållandena.



Figur 8. FT-system. Hämtat från: Hengitysliitto.

4.3.4 FTX-system (mekanisk till och frånluftsventilation med värmeåtervinning)

FTX-system är desamma som FT-system. Skillnaden är att de är utrustade med en värmeväxlare, vars uppgift är att ta tillvara på frånluftens värme och överföra den till tilluften. Detta ger ett energisparande på upp till 50 - 80 procent jämfört med ett system som inte tar tillvara värmen.



Figur 9. FTX-systemprincipskiss. Hämtat från: ICHB, 2018.

4.4 Ventilationsproblem

Många inomhusluftproblem beror på bristfällig förståelse av ventilationens funktion, även enkla fel i ventilationssystemet kan leda till inomhusluftproblem. FT-system påverkas till exempel ifall man öppnar ett fönster, täcker för ventilationsdon och ökar eller sänker temperaturen i värmeelementen manuellt. Eftersom att ventilationssystemet är planerat som en helhet och inställd där efter så kan ändringar i luftflödet och temperatur i ett rum orsaka problem i de andra rummen under samma system.

Ventilation med för hög inblåsningstemperatur, en för låg inblåsningshastighet, inblåsningen är felplacerad eller ifall det är för få till- och frånluftsdon gör att luften känns kvav och otillräcklig. Även ett för högt användarantal för den planerade ventilationen har en kvav effekt på luften. Medan för hög inblåsningshastighet, en för kall tilluftstemperatur eller dåligt riktade tilluftsdon ger en känsla av drag.

Ventilationssystemet behöver underhåll, försummas detta fungerar inte systemet som det är planerat och det kan leda till problem. Smutsig tilluft kan bero på avsaknad av filter eller att filtret är täppt och borde bytas, antingen efter behov eller i alla fall enligt tillverkarens instruktioner. Även luftkanalerna blir smutsiga och behöver städas, man räknar med 5 – 10 års mellanrum. Spjällen i gamla system kan ibland oönskat stänga sig vilket gör att luften inte kan passera, ett sådant fel är svårt att märka eller hitta då det kanske bara berör en viss del av byggnaden ifall man inte har sensorer inbyggt i systemet som varnar ifall det händer. Även trasiga fläktar gör att luften inte rör på sig.

5 LUFTENS RÖRELSE

Luftens rörelse i byggnaden är en viktig del av inomhusklimatet. Eftersom varmluft är lättare en kallluft stiger den uppåt, även tryckskillnader påverkar luftens rörelse. Vid fönster blir det därför ett ”kallras” då kall luft sjunker, detta kan motverkas genom att placera en radiator under fönstret.

Placeringen av till- och frånluftsdon är därför viktig eftersom dessa påverkar hur luftströmmarna rör sig i rummet. De ska placeras så att luftblandningen inte försvåras.

Man måste också beakta överluften så att luften kommer åt de rum den är planerad att behandla.

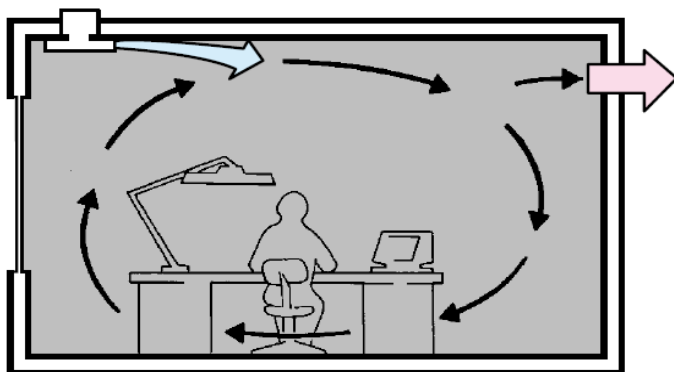
5.1 Luftdistributionsmetoder

Olika rum kan ha olika behov av luftdistribution, Beroende på rummets användningsområde och föroreningslasterna som skapas i rummet, samt kraven på rummets luftrenhet.

Det skall samtidigt vara behagligt att vistas i utrymmet.

Val av den distributionsform som är mest lämpad för utrymmet sker efter rummets behov.

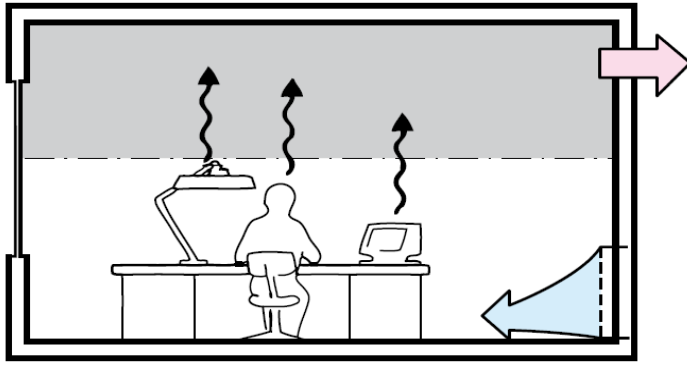
Omblandande luftföring även kallat Stålluftföring, är den vanligaste luftföringssmetoden. Luften blåses in i med hög hastighet i en eller flera strålar. Strålarna drar med sig den omgivande luften så att rumsluften blandas. Med omblandade luftföring skapar man liknande förhållanden i hela rummet. Omblandande luftföring passar bra i utrymmen vars föroreningslast inte är höga. (Fläkt woods, 2009)



Figur 10. Omblandande luftföring. Hämtat från: Fläkt woods, 2009.

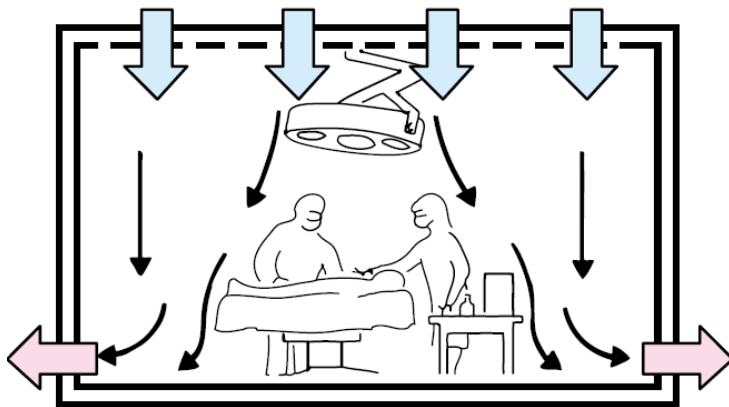
Deplacerande luftföring förflyttar den förorenade luften och ersätter den med ny frisk luft. Man blåser in luften med låg hastighet från stora ytor, ofta är den lite svalare luft också, direkt in i vistelsezonen. Man blåser oftast in från låg höjd. Den varma förorenade luften stiger upp och far ut genom frånluftsdon som är placerat på högre höjd.

Deplacerande luftföring lämpar sig bra i utrymmen med höga föroreningslast. (Fläkt woods, 2009)



Figur 11. Deplacerande luftföring. Hämtat från: Fläkt woods, 2009.

Kolvluftföring även kallad laminär luftföring används i utrymmen med ytterst höga krav på luften, till exempel operationssalar. Man blåser in luften från stora ytor med långsam hastighet så den färdas jämnt som en kolv genom rummet var de sugts ut. (Fläkt woods, 2009)



Figur 12. Kolvluftföring. Hämtat från: Fläkt woods, 2009.

5.2 Luftdon

Luftdon är anordningen som blåser in ren luft i rummet eller suger ut smutsig luft ur rummet. Luftdonen kan delas in i tre olika kategorier, tilluftsdon, frånluftsdon och överluftsdon.

Luftdonen samlar damm och annan smuts, speciellt frånlufts- och överluftsdonen. Donen behöver rengöras med jämna mellanrum, donen samlar olika mycket damm beroende på storlek, placering och modell. Ett smutsigt don har högre tryckfall och sämre luftflöde.

Tilluftsdon

Det finns inget universellt tilluftsdon som fungerar i alla rum. Val av rätt tilluftsdon sker utefter rummets användningsområde, faktorerna man betraktar vid val av don och vad som skiljer donen åt vid val av don är donets kastlängd, tryckförlust, spridningsbild, ljudnivå, luftflöde och utseende.

Frånluftsdon

Val av frånluftsdon görs för att få önskad tryckskillnad och volymflöde, men man måste också betrakta ljudnivån samt att frånluftsdonets placering påverkar luftfördelningen. Det är lättare att välja frånluftsdon eftersom formen inte spelar lika stor roll.

Överluftsdon

Överluftsdon tillför luft till rum som inte har behov av ett eget tilluftsdon. Vid montering av ett överluftsdon bör man beakta rumsluftströmmarna så att luften förs till frånluftsdonet. Man bör även betrakta att överluft endast får tas från ett rum med renare luft. Till exempel i till toaletter användes överluft.

5.3 Strukturella luftläckage

För att luftläckage skall kunna uppstå krävs en transportväg och en drivkraft. I det här fallet är drivkraften tryck som skapats genom tryckskillnaden mellan ute och inneluft.

I dag bygger man så täta hus som möjligt och de har flera positiva aspekter, Den primära orsaken är för att förminska energianvändningen, men även för att lättare kunna kontrollera luftkvaliteten, komforten och förminska risken för fuktskador.

Genom ofrivilligt luftläckage tappar man kontrollen över de planerade luftrörelserna, vilket resulterar i att tryckförändringar i ventilationen eller byggnadens täthet måste justeras. Luftläckage kan även leda till att fukt kommer in i byggnaden.

6 UNDERSÖKNINGSMETODER

Då man gör en undersökning i en byggnad med eventuella inomhusluftproblem finns det många olika saker som behöver undersökas, ofta är det flera orsaker som orsakar problem. Undersökningarna bör ske systematiskt och av kompetent personal i respektive område.

6.1 Granskning av fastigheten och ritningarna

Genom att granska fastighetens ritningar kan man identifiera riskkonstruktionerna samt den tekniska nivån på ventilationssystemet.

Granskning av fastigheten ger oftast värdefull information åt en erfaren utredare, man bör också se att ritningarna stämmer överens med verkligheten. Hen noterar lukter, fuktfläckar, sprickor och smutsfläckar och övriga onormala förändringar på konstruktionerna och ytor.

Med hjälp av portabla mätinstrument får man reda på yt- och luftfuktigheten som kan ge en inblick i problemen.

(Intervjuer med Tilpas egna experter)

6.2 Granskning av ventilationssystemet och luftrörelser

Vid en granskning av ventilationen undersöks att luftflödena stämmer överens med de planerade värdena, men även att de planerade luftflödena är tillräckliga för det personantal som vistas i utrymmena.

Man undersöker också att luften rör sig som planerat. Man ser över överluftsdon och övriga luftventiler. I många fall är dörrar stängda och det saknas överluftsventiler så luften blir stilla stående, i andra fall är dörrar öppna så att två olika luftrörelser stör varandra.

(Intervju med Tilpas egna experter)

Man granskar maskinens tekniska kondition, automationsteknikens funktion, kanalernas och ventilernas renhet samt filtrens skick.

Ifall systemet har ljudisoleringar av mineralull eller glasull ser man över skicket på dessa material att inte fibrer från dessa kan lossa och följa med in i inomhusluften. (Suomen LVI-liito SuLVI ry, 2016)

6.3 Utredning av luftläckage

För att ta reda på ifall det finns oönskade luftläckage kan man behöva göra några tester. Ifall det finns luftläckage är det svårt att få ventilationen i balans och de kan leda till att förorenad luft kommer in. Dessutom har det en ekonomisk betydelse eftersom det krävs energi för att värma upp eller kyla ner luften. Därför vill man inte att luften skall slippa ut genom otätheter.

6.3.1 Spårgasundersökning

Spårgasundersökning kan användas för att ta reda på hur luften rör sig i rummet eller ifall huset är tätt. Som spårgas används oftast en blandning av kvävgas och vätgas.

Spårgasmetoden går ut på att gasen rör sig med luftströmlinjer och med hjälp av en gasdetektor kan man se hur de rör sig.

6.3.2 Tryckmätning

Tryckmätningar utförs med ett instrument utvecklat för att mäta trycket. Man kan utföra en tryckmätning i hela huset men man kan också avgränsa det till en viss del.

Tryckmätningar utförs också i ventilationskanalerna för att se ifall de är täta.

7 CASE PISAN PÄIVÄKOTI

Pisan päiväkoti färdigställdes 1991 och togs i bruk 1992. Byggnaden är byggd på en sluttning i två våningar, den främre delen på den övre delen och bakgården på nedre våningen. Byggnaden är uppbyggd på en marknära betongplatta.

I daghemmet jobbar 22 personer och till det kommer 85 barn. Delar av personalen upplevde att det var problem med inomhusluften. Daghemmets föreståndare begärdes att skriva ner hur många personer som befinner sig i respektive grupp.

I daghemmet finns 5 grupper med barn i olika antal och åldrar. På övre våningen finns två grupprum, pikkurillit, där det totalt är 25 personer och Onnimannit, där är det 24 personer totalt. På nedre våningen är gruppnummen kultarillit, timpermannit och pelimannit och där är det totalt 19 personer totalt i varje rum.

Tilpas egna granskningsgrupp har varit till byggnaden 15.4.2019 och gjort en rapport, utöver den har också Sweco gjort en rapport.

Vid misstankar om inomhusluftproblem görs en inomhusluftsundersökning. Undersökningen beställdes av Sweco AB som levererade rapporten den 24.5.2019. En del brister och fel i ventilationen samt städningen framkom ur rapporterna samt rekommendation om tilläggsundersökning.

Utöver det har det också framkommit, från ett tidigare arbete i byggnaden, angående avloppslukt i byggnaden. Toaletternas avloppsrör har filmats och man har konstaterat att det även finns brister där.

Reparationerna gjordes under sommaren 2019, problematiken med större reparationer i daghem är att man har begränsat med tid då huset är tomt från folk. Då det endast är under sommarsemesteruppehållet vi kunde arbeta. Därför var noggrann planering och utförande viktig. Avlopps jobben kunde delvis påbörjas medan det var vanlig verksamhet i byggnaden.

Tilpas granskningsgrupp har gjort en spårgasundersökning och kommit fram till att byggnaden är tät.

7.1 Vatten och avlopp

Utifrån filmningen av avloppsrören kunde vi konstatera att 6 golvbrunnar måste bytas och 11 stycken pluggas eftersom de inte är i bruk längre. Två gamla gjutjärnsrör måste bytas till plast, det tillsattes även ett ventilations rör till avloppsröret som drogs till taket. Golvet i toaletterna pikades upp där de behövdes för att kunna byta golvbrunnarna och rören, sedan skulle nytt ytmaterial läggas både på golv och väggar. När golvbrunnarna och rören var bytta konstaterades att betongen var fuktig och var i behov att torkas innan nytt ytmaterial kunde läggas på. Det sattes in torkare för att suga ur fukten ur betongen, detta var inte önskvärt på grund av den sneva tidsramen. Det var svårt att få betongen torr, det kunde bero på att det var en jordnära betongplatta så risken fanns att man suger fukten ur marken under plattan in i betongen.



Figur 13. Ytfuktmätare indikerar på fukt. Figure 14. Figur 14. Jordnära betong.

På bild 13 syns fukt ytmätningen av betongen, med den mätaren som användes räknas ett värde på under 70 som torrt, mellan 70 och 110 som fuktigt och över 110 som blöt.

Lyckligt vis torkade betongen till ett värde på 67,2 och vi kunde lägga nytt ytmaterial.

7.2 Ventilation

Ventilationssystemet är ett FTX-system med batterivärmeväxlare, körs på lägre effekt mellan 18,00 och 07.30. Köket har ett eget system, det är inte medräknat i det här arbetet. Enligt Sweco´s samt Tilpas egna granskningsgrupp undersökningar gjordes följande åtgärder.

Kanalerna och donen rengjordes eftersom dessa var väldigt smutsiga av både byggdamm och vanligt damm, detta gjordes efter att pikningen av golvet i toaletterna gjorts färdigt ifall det skulle sprida sig ytterligare byggdamm från det. Efter det mätte man luftflödena och fördelningen av luft för att se om de motsvarade de planerade.

Tabell 1. Mätresultat från luftmätningar.

	Pikkurillit		Onnimannit		Kulturillit		Timpermannit		Pelimannit	
	plane-rat	upp-mätt	plane-rat	upp-mätt	plane-rat	upp-mätt	plane-rat	upp-mätt	plane-rat	upp-mätt
tilluft	+80	+58	+100	+57	+75	+73	+75	+80	+75	+74
från-luft	-80	-33	-55	-49	-75	-70	-75	-72	-75	-70
							Tim-per-mannit lepo		Peli-mannit lepo	
	Pikkurillit lepo		Onni-mannit lepo		Kulta-rillit lepo					
	plane-rat	upp-mätt	plane-rat	upp-mätt	plane-rat	upp-mätt	plane-rat	upp-mätt	plane-rat	upp-mätt
tilluft	+60	+47	+70	+56	+75	+70	+75	+68	+75	+71
från-luft	-60	-52	-70	-52	-75	-69	-75	-71	-75	-65

Utifrån diskussioner med personalen upplevs de största problemen med inomhusluften i grupperna på övre våningen, Pikkurillit och Onnimannit. Nedre våningen är enligt dem okej, förutom på morgonen då det förekommit avloppslukt. Personalen i grupperna på övre våningen har klagat på att det känns kvavt och torrt, som att luften inte räcker till och att man får ont i huvudet och torra ögon när man vistas i utrymmena en längre stund. Speciellt i Onnimannis gruppen.

Den planerade tilluften i onnimannit är totalt 170 l/s och man räknar med att en person behöver 6 l/s vilket skulle resultera i 28 personer. vilket innebär att den planerade luften borde räcka till de 24 personer som vistas i utrymmet. Men enligt de uppmätta värdena finns totalt 113 l/s vilket endast räcker till 18 personer. I Onnimannit finns dessutom en toalett som har endast frånluft, och tilluften kommer via överluft från grupprummet, uppmätt värde från frånluftsdonet är -60.

I Pikkurillit är den planerade tilluften totalt 140 l/s, vilket skulle räcka till 23 personer. Och de är 25. Dessutom är faktiska uppmätta värdena totalt 105 l/s vilket endast skulle räcka till 17 personer.

Alla nedre våningens rum är planerade att klara av 25 personer. Och där befinner sig endast 19 personer per grupp.

Ingenjörbyråen Äyräväinens planerare tog reda på ifall ventilationsmaskinen hade kapacitet nog för att öka luftflödet till grupperna på övre våningen och ifall man kunde göra detta utan att de ökade luftflödet skulle orsaka en för hög ljudnivå. Planeraren kom fram till att det ännu fanns lite kapacitet kvar i maskinen och att vi kunde minska flödet i grupperna på nedre våningen, då de är planerade för 25 personer och där endast är 19.

De nya planerna blev att nedre grupperna får ett planerat luftflöde på 125 l/s vilket motsvarar 20 personer. På övre våningen ökas luftflödet till 185 l/s till Pikkurillit och 195 l/s till Onnimannit, vilket skulle motsvara 30 och 32 personer.

Luftflödena justerades till de nya planeringarna. Dessutom byttes filter och körs numera på högre effekt redan klockan 06.00.

7.3 Städning

I daghemmet finns mycket saker i form av tyger, möbler bokhyllor och anslagstavlor med mera. Städfirmen städar endast fria ytor, vilket betyder att daghemspersonalen måste städa bort saker så att städaren kan städa. Vanligt damm, samlar sig lätt på hyllor och svåråtkomliga platser. På grund av dålig städning finns det mycket damm i daghemmet.

7.4 Projektets uppföljning

Under hösten har ett uppföljningsmöte hållits med delar av projektgruppen och daghemmets personal, de upplever inte längre att luften är kvav. Inomhusluften har tydligt förbättrats och sjukfrånvaron har minskat. Eftersom att ventilationssystemet inte är väderanpassat är luften ibland fuktigare på regniga dagar och torr på torra dagar.

Ytterligare en mikrobundersökning påbörjades av Sweco, men ifall mikrober hittas så sköts de åtgärderna på ett annat arbetsnummer, det hör alltså inte till det här projektet.

Ett till uppföljningsmöte kommer att ordnas under de kalla månaderna för att se hur situationen är då. Projektet avslutades 12.9.2019.

8 SAMMANFATTNING

Målet med det här slutarbetet har varit att öka förståelsen för inomhusluftproblem och ge en djupare inblick i ventilationssystemets relevans. Jag har genom en litteraturstudie beskrivit hur inomhusluftproblem framkommer och hur man med hjälp av ventilationen kan lösa eller förebygga problemen. Avslutningsvis har jag gjort en case studie på ett ytterst vanligt fall i Esbos skolor och daghem.

I våra skolor och daghem inom Esbo är det helt klart att problem med ventilationssystemet är den vanligaste orsaken till problemen med inomhusluften och i de fall jag varit med om så har det varit relativt enkla lösningar, sedan finns det såklart svårare fall också.

Vanligaste problemet har varit att luften inte räcker till. Efter som att Esbo är en växande stad där invånarantalet stiger med ca 5000 personer om året och en stor del av dessa är i skol- och daghems ålder räcker inte de skolor och daghem som finns för att täcka behovet. Skolverket vill därför utnyttja fastigheterna maximalt, minimikravet per elev är 2 kvadratmeter undervisningsutrymme. Ifall användaravtalet skulle kunna begränsas till vad ventilationssystemet är kapabelt att underhålla skulle listan med inomhusluftproblem bli betydligt mindre.

Men även användarens egen förståelse samt skötsel av ventilationssystemet är bristfälliga. Det man måste förstå är att systemet fungerar som en helhet, justeras någonting i en ända av huset kan det påverka andra ändan. Fastighetsskötaren behöver regelbundet utföra underhåll av ventilationssystemet.

KÄLLOR / REFERENCES

1. Arbetsmiljöverket, *Vätesulfid (svavleväte)*, 2019, Hämtat från:
<http://www.arbetsmiljoverket.se/halsoocholycksrisker/kemiskaarbetsmiljorisker/va-tesulfidsvavelvate.4.750e3680136adb9f8058000591.html>
Använd: 4.11.2019
2. Eduskunta. 2012. *Rakennusten kosteus- ja homeongelmat*. Hämtat från:
https://www.eduskunta.fi/FI/tietoaeduskunnasta/julka-ist/Document/trvj_1+2012.pdf
Använd: 16.10.2019
3. Energy building AB. *Självdraagsventilation – så fungerar det!* Hämtat från:
<https://www.energybuilding.se/sjalvdragsventilation/?fbclid=IwAR32Ke-12JhkvtoS-y0kBu7GekCAwysy9uFBZ0XxgnrxxePSh0ZDiFdeQj0>
Använd: 22.10.2019
4. Enervent, (2014) Projekt katalog version 2014_2. *Enervent solutions for ventilation and dehumidification*, Porvoo: Ensto Enervent Oy
Använd: 26.11.2019
5. Fläkt woods. (2009). Projekt katalog 1 2009. *Projekteringshandledning Luftdon*, Helsinki: Fläkt woods.
6. Hengitysliitto. *Guide om inneluft*. Hämtad från:
https://www.hengitysliitto.fi/sites/default/files/oppaat/guide_om_inneluft.pdf
Använd: 22.10.2019
7. Hengitysliitto. *Guide om ventilation*. Hämtat från:
https://www.hengitysliitto.fi/sites/default/files/oppaat/ilmanvaihto-sve_nettiin.pdf
Använd: 22.10.2019
8. ICHB, 2018, *Guide FTX*. Hämtat från:
<https://www.ichb.se/innehall/guider/guide-ftx/>
Använd: 4.11.2019
9. Karolinska institutet. 2014a. *Flyktiga organiska ämnen (VOC)*. hämtat från:
<https://ki.se/imm/flyktiga-organiska-amnen-voc>
Använd: 11.9.2019
10. Naturvårdsverket. 2018. *Marknära ozon*. hämtat från:
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftforen-ningar/Marknara-ozon/>
Använd: 12.9.2019

11. Pernilla Johansson. 2006. *Mikroorganismer i byggnader en kunskapsöversikt*. Hämtat från: https://www.sp.se/sv/units/rise-built/energy/eti/Documents/SPrapp%202006_22.pdf
Använd: 5.9.2019
12. Rakennustieto, 2015, *RT 14-11197 Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu*. Hämtat från: <https://www.rakennustieto.fi/>
Använd: 20.11.2019
13. RIA-AIR. 2019. *Ilmamäärien mittaust ja säätö*. Hämtat från: <https://www.ria-air.com/ilmamaarien-mittaus-ja-saato/>
Använd 6.11.2019
14. Sisäilmayhdistys ry, *Kemialliset epäpuhtaudet, 2008*, Hämtat från: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epa-puhtaudet>
Använd: 4.11.2019
15. Sisäilmayhdistys ry, 2018. *Sisäilmastoluokitus 2018*. Hämtat från: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Julkaisut/Sisailmastoluokitus>
Använd 21.11.2019
16. Suomen LVI-liitto SuLVI ry, 2016, *IV-kuntotutkimusohjeet*. Hämtat från: <https://sulvi.fi/materiaalipankki/iv-kuntotutkimushanke/>
Använd: 18.11.2019
17. Valvira. 2016. *Partiklar och fibrer i inomhusluften*. hämtat från: <https://www.valvira.fi/sv/web/sv/miljo-och-halsa/halsoskydd/boendehalsa/partiklar-och-fibrer-i-inomhusluften>
Använd: 5.9.2019
18. Valvira. 2016. *Radon i inomhusluften*. Hämtat från: <https://www.valvira.fi/sv/web/sv/miljo-och-halsa/halsoskydd/boendehalsa/radon-i-inomhusluften>
Använd: 13.9.2019
19. Warfvinge, Catarina, *Installationsteknik AK för V*, 3. Uppl., 2007
20. Ympäristöministeriö, 2017, *1009/2017 Miljöministeriets förordning om inomhusklimat och ventilation i nya byggnader*. Hämtat från: https://www.ym.fi/sv-FI/Markanvandning_och_byggande/Lagstiftning_och_anvisningar/Byggbestam-melser/Sunda_byggnader
Använd 21.11.2019
21. Ympäristöministeriö. Miia Pitkäranta (2016). *Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus*, Helsinki: Ympäristöministeriö.